ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 1er FÉVRIER 1954.

PRÉSIDENCE DE M. Louis FAGE.



MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Pierre Lejay** signale à l'Académie la présence de Sir **Harold Spencer Jones**, Correspondant de l'Académie, Astronome Royal d'Angleterre, et de MM. **Paul Bourgeois**, Directeur de l'Observatoire Royal de Belgique, et **Gino Cecchini**, Directeur de l'Observatoire de Turin. M. le **Président** leur souhaite la bienvenue et les invite à prendre part à la séance.

M. le **Président** annonce le décès, survenu à Eyrenville (Dordogne), le 28 janvier, de M. **Ernest Esclangon** et invite l'Académie à se recueillir en silence pendant quelques instants, en signe de deuil.

L'allocution nécrologique d'usage sera lue en la prochaine séance par M. **Jean Chazy**.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** adresse ampliation du décret, en date du 16 janvier 1954, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Manne Siegbahn**, pour occuper, dans la Section des Associés étrangers, la place vacante par le décès de M. *Serge Winogradsky*.

Il est donné lecture de ce décret.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *L'équation fonctionnelle de* $\zeta(s)$. Note (*) de M. **Arnaud Denjoy**.

Nouvelles démonstrations fondées sur une expression commode de la fonction $\zeta(s)$ de Riemann.

La connaissance minimum que l'on acquiert de la fonction $\zeta(s)$ de Riemann tient dans l'égalité de définition

$$(1)\qquad \zeta(s)=\sum_{1}^{\infty} p^{-s}$$

(*) Séance du 25 janvier 1954.

Le premier tracé fournit d'une part les intégrales le long des γ, donnant la somme $2^{s-1}\pi^s e^{i\pi(s/2)}\sum_1^n p^{s-1}$, d'autre part $e^{i(\pi/2)s}$ v. v. $\int_0^A y^{s-1}/(e^{iy}-1)^{-1}dy$, les initiales v. v. signifiant la « vraie valeur » au sens de Cauchy. Le second trajet donne

$$L = \varphi i e^{i\frac{\pi}{2}s} A^{s-1}\int_0^\infty \frac{dx}{e^x+1}\left(1-i\frac{x}{A}\right)^{s-1}.$$

Si $f(z)$ est analytique, $f(z+h)=f(z)+hB=f(z)+hf'(z)+(h^2/2)C$ $|B|$ et $|C|$ étant respectivement inférieurs aux maximum de $|f'(z)|$ et de $|f''(z)|$ sur le segment rectiligne $(z, z+h)$. Supposons désormais s *réel et* $1<s<2$. $[1-i(x/A)]^{s-1}=1+\delta(1+x)^{s-2}(x/A)(s-1)$, avec $|\delta|<1$. Si $k=\int_0^\infty dx/(e^x+1)$,

$$L = ikA^{s-1}e^{i\frac{\pi}{2}s}+O(A^{s-2})$$

Finalement :

$$e^{-i\frac{\pi}{2}s}I(s)=2^{s-1}\pi^s\sum_1^n p^{s-1}+\text{v. v.}\int_0^A\frac{y^{s-1}}{e^{iy}-1}+ikA^{s-1}+o(1).$$

(O,o : notations de Landau). Prenons les parties réelles des deux membres. Celle de $(e^{iy}-1)^{-1}$ est $-1/2$. On trouve :

$$\cos\frac{\pi s}{2}\Gamma(s)\zeta(s)=\lim_{n\,\infty}2^{s-1}\pi^s\left[\sum_1^n p^{s-1}-\frac{1}{s}\left(n+\frac{1}{2}\right)^s\right].$$

D'après la formule (7) nous avons là l'identité (3). Vraie sur l'intervalle réel $1<s<2$, elle est vraie dans tout le plan des s.

II *b*. Plus simplement, intégrons $I(s)$ par parties :

$$I(s)=\Gamma(s)\zeta(s)=\frac{1}{s}\int_0^\infty\frac{x^s}{\left(e^{\frac{x}{2}}-e^{-\frac{x}{2}}\right)^2}dx\qquad(\sigma>1).$$

On intègre 1° sur le demi-axe réel positif, ce qui donne $I(s)$; 2° sur la droite $z=x+Ai$ de $x=+\infty$ à $x=-\infty$, le résultat étant

$$\frac{1}{s}A^s e^{i\pi\frac{s}{2}}\int_{-\infty}^{\infty}\left(1-i\frac{x}{A}\right)^s\left(e^{\frac{x}{2}}+e^{-\frac{x}{2}}\right)^2 dx,$$

où l'on remplace $(1-ix/A)^s$ par

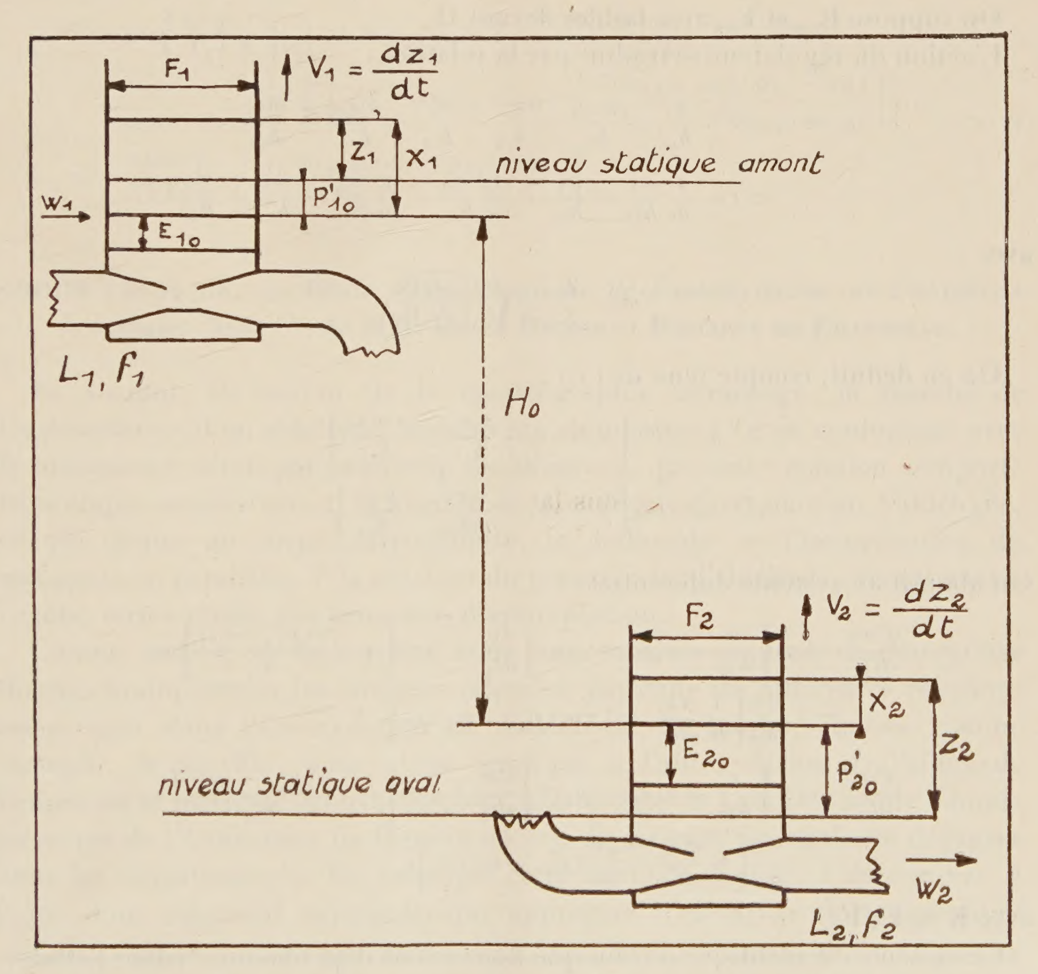
$$1-is\frac{x}{A}+\delta' s(s-1)\frac{x^2}{A^2}(1+x)^{s-2}\ (|\delta'|<1).$$

Le second terme disparaît dans l'intégration. Il reste $(1/s)A^s e^{i(\pi/2)s}+O(A^{s-2})$; 3° sur l'axe réel négatif, ce qui donne $e^{i\pi s}I(s)$. Les pôles et leurs résidus n'ont évidemment pas changé. On retrouve l'identité (3) encore sur le segment $1<s<2$.

HYDRAULIQUE. — *Stabilité de deux chambres d'équilibre à montage Venturi placées sur les systèmes d'amenée et de fuite d'une usine (première approximation).* Note (*) de M. **Léopold Escande**.

Condition de stabilité du fonctionnement de deux chambres d'équilibre à montage Venturi situées respectivement à l'aval du canal d'amenée et en tête du canal de fuite en charge d'une usine hydroélectrique : calcul de première approximation.

Considérons une usine débitant une puissance électrique constante sur un réseau isolé. Supposons, pour plus de généralité, les canaux d'amenée et de



fuite, en charge, munis chacun d'une cheminée d'équilibre à montage Venturi (1) (*fig.* 1).

(*) Séance du 25 janvier 1954.

(1) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 183.

Nous posons, pour le système d'amenée :

$$U_{10} = V_{10} = \frac{Q_0}{F_1}, \qquad W_{10} = \frac{Q_0}{f_1}, \qquad U_1 = \frac{Q}{F_1}, \qquad V_1 = \frac{dZ_1}{dt}, \qquad Z_{1\star} = U_{10}\frac{T_1}{2\pi} = \frac{Q_0}{F_1}\sqrt{\frac{L_1 F_1}{g f_1}},$$

W_1 étant la vitesse et P'_{10}, P'_1 les pertes d'énergie par frottements dans le canal d'amenée pour les débits Q_0 et fW ; E_{10} et E_1 désignent la hauteur due à la vitesse au col du Venturi amont pour les débits Q_0 et fW.

Les notations sont les mêmes pour le système de fuite, avec l'indice 2, mais P'_{20}, P'_2 représentent à la fois la perte de charge dans le canal de fuite et la portion non récupérée à la sortie de la hauteur due à la vitesse dans le dit canal.

On suppose E_{10} et E_{20} très faibles devant H_0.

L'action du régulateur se traduit par la relation :

$$(1) \qquad u_1 = u_2 = 1 - \frac{x_1}{h_{10}} + \frac{m x_2}{h_{10}} + \frac{e_{10}}{h_{10}} - \frac{e_1}{h_{10}} - \frac{m e_{20}}{h_{10}} + \frac{m e_2}{h_{10}}$$

$$= 1 - \frac{1}{m}\frac{x_1}{h_{20}} + \frac{x_2}{h_{20}} + \frac{1}{m}\frac{e_{10}}{h_{20}} - \frac{1}{m}\frac{e_1}{h_{20}} - \frac{e_{20}}{h_{20}} + \frac{e_2}{h_{20}}$$

avec :

$$m = \frac{Z_{2\star}}{Z_{1\star}} = \sqrt{\frac{L_2 f_1 F_1}{L_1 f_2 F_2}}.$$

On en déduit, compte tenu de (1) :

$$e_1 = e_{10}\left[1 + 2\varphi_1 - \frac{2x_1}{h_{10}} + \frac{2 m x_2}{h_{10}}\right]$$

$$e_2 = e_{20}\left[1 - 2\varphi_2 - \frac{2x_1}{m h_{20}} + \frac{2x_2}{h_{20}}\right].$$

On aboutit au système différentiel :

$$\frac{d^2 x_1}{dt_1'^2} - 2\pi\left[\frac{1}{h_{10}} - 2(p'_{10} + e_{10})\right]\frac{dx_1}{dt'_1} + 4\pi^2\left[1 - \frac{2(p'_{10}+e_{10})}{h_{10}}\right]x_1$$

$$= -\frac{2\pi}{h_{10}}\left[\frac{1}{K}\frac{dx_2}{dt'_2} + 4\pi m(p'_{10} + e_{10})x_2\right],$$

$$\frac{d^2 x_2}{dt_2'^2} - 2\pi\left[\frac{1}{h_{20}} + 2(e_{20} - p'_{20})\right]\frac{dx_2}{dt'_2} + 4\pi^2\left[1 - \frac{2(p'_{20} - e_{20})}{h_{20}}\right]x_2$$

$$= -\frac{2\pi}{h_{20}}\left[K\frac{dx_1}{dt'_1} + \frac{4\pi}{m}(p'_{20} - e_{20})x_1\right],$$

avec $K = F_2/F_1$.

Ce système est identique à celui que nous avons déjà obtenu ([2]) dans l'étude, faite en collaboration avec M. Huron, de la stabilité de deux chambres d'équilibre ordinaires, à condition de poser

$$p_{10} = p'_{10} + e_{10}, \qquad p_{20} = p'_{20} - e_{20}.$$

([2]) *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1329.

Les conclusions [3] de cette même étude nous conduisent donc, pour le problème actuel, aux conditions de stabilité suivantes

$$\alpha_1 > 0,\ \alpha_2 > 0,\ \alpha_3 > 0,\ \alpha_4 > 0, \qquad \Gamma = \alpha_3^2 - \alpha_1(\alpha_2\alpha_3 - \alpha_1\alpha_4) < 0$$

avec

$$\alpha_1 = -2\pi\left[\frac{1}{T_1}\left[\frac{1}{h_{10}} - 2(p'_{10} + e_{10})\right] + \frac{1}{T_2}\left[\frac{1}{h_{20}} - 2(p'_{20} - e_{20})\right]\right],$$

$$\alpha_2 = 4\pi^2\left[\frac{1}{T_1^2}\left(1 - \frac{2(p'_{10} + e_{10})}{h_{10}}\right) + \frac{1}{T_2^2}\left(1 - \frac{2(p'_{20} - e_{20})}{h_{20}}\right)\right.$$
$$\left. + \frac{2}{T_1 T_2}\left[2(p'_{10} + e_{10})(p'_{20} - e_{20}) - \left(\frac{p'_{10} + e_{10}}{h_{20}} + \frac{p'_{20} - e_{20}}{h_{10}}\right)\right]\right],$$

$$\alpha_3 = -\frac{8\pi^3}{T_1 T_2}\left[\frac{1}{T_1}\left[\frac{1}{h_{20}} - 2(p'_{20} - e_{20}) + \frac{4(p'_{10} + e_{10})(p'_{20} - e_{20})}{h_{10}}\right]\right.$$
$$\left. + \frac{1}{T_2}\left[\frac{1}{h_{10}} - 2(p'_{10} + e_{10}) + \frac{4(p'_{10} + e_{10})(p'_{20} - e_{20})}{h_{20}}\right]\right],$$

$$\alpha_4 = \frac{16\pi^4}{T_1^2 T_2^2}\left[1 - 2\left(\frac{p'_{10} + e_{10}}{h_{10}} + \frac{p'_{20} - e_{20}}{h_{20}}\right)\right].$$

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude thermochimique de l'autoxydation de l'aldéhyde benzoïque*. Note (*) de MM. **Émile Briner** et **Philippe de Chastonay**.

En suivant, au moyen de la spectrographie infrarouge, la marche de l'autoxydation d'un aldéhyde, nous avons pu montrer [1], en conformité avec le mécanisme admis par beaucoup de chimistes, que cette réaction comporte trois étapes successives : 1° la fixation de la molécule d'oxygène sur l'aldéhyde, ce qui donne un corps intermédiaire, le moloxyde; 2° l'isomérisation du moloxyde en péracide; 3° la réaction du péracide sur l'aldéhyde, aboutissant à l'acide, terme ultime des processus d'autoxydation.

Comme suite à ces recherches, nous nous sommes proposés de déterminer thermochimiquement les énergies mises en jeu dans les différentes réactions intervenant dans l'autoxydation de l'aldéhyde benzoïque, étudiée comme exemple. A cet effet, nous avons appliqué à l'autoxydation de l'aldéhyde benzoïque la méthode calorimétrique, utilisée dans le Laboratoire de Chimie physique de l'Université de Genève en vue de mesurer les chaleurs dégagées dans les ozonations [2]. En principe, cette méthode consiste à déterminer, à l'aide d'un dispositif calorimétrique approprié, l'élévation de température

---

(3) *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1405.

(*) Séance du 25 janvier 1954.

(1) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 32.

(2) E. Briner, K. Ryffel et S. de Némitz, *Helv. Chim. Acta*, 21, 1938, p. 357, et Mémoire d'ensemble E. Briner, *Bull. Soc. Chim. de France*, 15, 1948, p. 65.

provoquée par un processus chimique, puis à reproduire, dans les mêmes conditions expérimentales, cette élévation par un corps de chauffe alimenté par un courant d'intensité et de tension mesurées.

Le problème à résoudre consistait donc à se servir des résultats des mesures calorimétriques, ainsi que des données et lois de la thermochimie (spécialement du principe de Hess), pour parvenir à la connaissance des chaleurs Q_1, Q_2, et Q_3, se rapportant respectivement aux trois étapes sus-mentionnées.

En premier lieu, la chaleur Q_{ac} de la réaction ([3]) représentant globalement l'autoxydation, soit l'oxydation de l'aldéhyde benzoïque en acide benzoïque :

$$C_6H_5CHO + \frac{1}{2}O_2 = C_6H_5COOH + Q_{ac}$$

se déduit des chaleurs de formation ([4]) F_{al} de l'aldéhyde et F_{ac} de l'acide benzoïques, elles-mêmes calculées à partir des chaleurs de combustion de ces deux corps données dans les Tables; on trouve ainsi $Q_{ac} = 70,1$ Cal.

En second lieu, la chaleur de la réaction de l'acide perbenzoïque sur l'aldéhyde, est celle Q_3, du processus final de l'autoxydation :

$$C_6H_5.COOOH + C_6H_5.CHO = 2C_6H_5.COOH + Q_3.$$

Les mesures calorimétriques nous ont fourni, comme moyenne de plusieurs essais $Q_3 = 75,7$ Cal. A partir de Q_3, F_{al} et F_{ac}, nous avons obtenu par le calcul, pour la chaleur de formation de l'acide perbenzoïque, la valeur $F_{per} = 85,2$ Cal.

De tous ces résultats, nous avons pu déduire, pour la chaleur de peroxydation de l'aldéhyde en acide perbenzoïque, la valeur $Q_{peral} = 60,5$ cal., et pour la chaleur de peroxydation de l'acide benzoïque en acide perbenzoïque la valeur $Q_{peral} = -9,6$ cal. Au sujet de cette dernière réaction, et sans qu'il s'agisse là d'une déduction rigoureuse ([5]), on rapprochera son endothermie de l'instabilité de l'acide perbenzoïque, telle qu'elle se manifeste par sa transformation spontanée en acide benzoïque avec dégagement d'oxygène ([6]).

Mais la remarque principale porte sur la réaction de peroxydation de l'aldéhyde en peracide. En effet, sa chaleur Q_{peral} est la somme de Q_1 (chaleur de formation du moloxyde à partir de l'aldéhyde) et de Q_2 (chaleur d'isomérisation du moloxyde); en sorte que, si l'on peut déteminer cette dernière, Q_1 s'en déduira directement, et le problème sera résolu.

([3]) Les chaleurs de réaction se rapportent aux molécules-gramme et sont exprimées en kilocalories, désignées par Cal; il s'agit toujours des chaleurs de réaction à pression constante.

([4]) F, suivi en indice d'une abréviation significative, désigne la chaleur de formation de la combinaison à partir de ses éléments.

([5]) Pour cela, il aurait fallu partir des énergies libres de formation des acides benzoïque et perbenzoïque.

([6]) E. Briner et Lardon, *Helv. Chim. Acta.*, 19, 1936, p. 1062.

Nous avons été renseignés sur les valeurs Q_1 et Q_2 par des mesures calorimétriques faites sur la marche de l'autoxydation répartie en deux périodes; la première, l'oxydation proprement dite, durant laquelle le courant d'oxygène circule dans l'aldéhyde, la deuxième commençant après le remplacement de l'oxygène par un gaz inerte (CO_2).

Diverses constatations nous ont conduits à présumer que la formation du moloxyde était endothermique, soit $Q_1 < 0$. Nous avons été notamment frappés par le fait que les élévations de température étaient plus faibles au début de l'oxydation où, précisément, comme l'ont montré nos recherches spectrographiques rappelées plus haut, l'accroissement de la concentration du moloxyde est prédominant.

Mais, ce sont les mesures calorimétriques relatives à la deuxième période, associées aux analyses des variations de l'acidité et de la peracidité, qui nous ont fourni la valeur de la chaleur d'isomérisation Q_2 du moloxyde, d'où découle celle Q_1, de la formation du moloxyde. En effet, du point de vue thermochimique, l'isomérisation du moloxyde n'est plus accompagnée alors que de la chaleur, déterminée d'autre part, de la réaction du peracide sur l'aldéhyde.

Cependant, les analyses, effectuées dans les conditions imposées par les opérations, comportaient une précision plutôt faible, en sorte que les résultats obtenus dans les différents essais, ne sont qu'approximatifs ([7]).

Comme moyenne des résultats de quatre essais, dont toutes les valeurs sont supérieures de plus de 10 cal à celle de $Q_{\text{peral}} = 60{,}5$ Cal, nous avons trouvé $Q_2 = 80$ Cal d'où pour $Q_1 = Q_{\text{peral}} - Q_2$ une moyenne de l'ordre de -20 Cal.

Ainsi, des trois processus intervenant successivement dans l'autoxydation de l'aldéhyde benzoïque, le premier, la formation du moloxyde, est endothermique et les deux autres, l'isomérisation du moloxyde et la réaction de l'aldéhyde sur le peroxyde, sont fortement exothermiques. D'autres recherches montreront si cette conclusion s'étend à l'autoxydation des aldéhydes en général.

PHYTOPATHOLOGIE. — *De l'influence des ions ferriques sur l'effet pathogène des toxines de flétrissement.* Note (*) de M. **Ernst Gäumann** et Mme **Stephi Naef-Roth**.

Fusarium lycopersici Sacc., qui provoque un flétrissement infectieux chez les plantes de tomates, produit *in vitro* trois toxines différentes, *la lycomarasmine*,

([7]) Le détail des mesures et des analyses sera exposé dans une publication paraissant dans un autre recueil.

(*) Séance du 25 janvier 1954.

un dipeptide [Boller ([1])], *l'acide fusarique*, un acide pyridique [Gäumann, Naef-Roth et Kobel ([2])] et *la vasinfuscarine*, probablement une albumine à action enzymatique [Gäumann, Stoll und Kern ([3])]. Chacune de ces trois toxines a un effet particulier, sur un endroit différent de la plante de tomate.

Le mécanisme de nocivité de ces trois toxines est encore insuffisamment connu. Probablement que chacune d'entre elles a plusieurs effets sur l'hôte; ainsi il a été prouvé que la lycomarasmine et l'acide fusarique nuisent à la semi-perméabilité des couches ectoplasmiques et à la capacité en eau du plasma et de ce fait troublent d'une manière caractéristique le régime aqueux des plantes-hôtes. De plus on a émis l'hypothèse que ces deux toxines forment à l'intérieur de l'hôte des chélates, c'est-à-dire des complexes avec des ions métalliques d'importance vitale, ainsi soustraits au métabolisme enzymatique de l'hôte; Waggoner et Dimond ([4]) sont arrivés à la conclusion, que la formation de chélates ne joue qu'un rôle insignifiant chez la lycomarasmine; par ailleurs Tamari et Kaji ([5]) ont démontré l'importance de la formation de chélates chez l'acide fusarique.

Pour élucider cette controverse il est avantageux d'étudier la toxicité d'une substance modèle, capable de former des chélates. La substance modèle doit remplir deux conditions : 1° former avec des ions métalliques un complexe *soluble dans l'eau*, puisque les complexes métalliques de la lycomarasmine le sont également; 2° provoquer sur les pousses de tomates des dégâts semblables à ceux causés par les toxines en question.

Une substance formant des chélates et répondant à ces exigences, tel est le sel bisodique de l'acide tétraacétique éthyl-biaminé, P. M. 372,1 (Schwarzenbach et Ackermann) ([6]), (complexone III). L'oxyquinoléine qui fut utilisé pour les expériences de Waggoner et Dimond est ici moins qualifiée, car elle forme avec le fer un complexe *insoluble* dans l'eau; en outre elle a chez les pousses de tomates d'autres effets nocifs que les deux toxines de flétrissement; donc elle possède d'autres endroits d'action spécifiques.

Dans la présente Communication nous aimerions traiter de l'influence d'adjonctions croissantes de chlorure ferrique ($FeCl_3.6H_2O$) sur la toxicité du complexone III chez de jeunes pousses de tomates. Toutes les pousses (20 pour chaque groupe) reçoivent comme dose de base 1860 mg de complexone III par kilogramme poids vif. Des quantités croissantes de chlorure ferrique sont ajoutées aux solutions de complexone (abcisses des figures 1

([1]) *Inaug. Diss. E. T. H. Zurich*, n° 2047, 1951, 122 p.
([2]) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 173; *Phythopath. Zschr.*, 20, 1952, p. 1.
([3]) *Phythopath. Zschr.*, 20, 1953, p. 245.
([4]) *Phythopath.*, 43, 1953, p. 281.
([5]) *J. Agric. Chem. Soc. Japan*, 27, 1953, p. 245.
([6]) *Helv. Chim. Acta*, 30, 1947, p. 1798.

et 2); le pH est chaque fois ramené à 4,0. La moyenne des dommages apparus sur les feuilles des pousses de tomates après 48 heures est portée en ordonnée dans les figures 1 et 2.

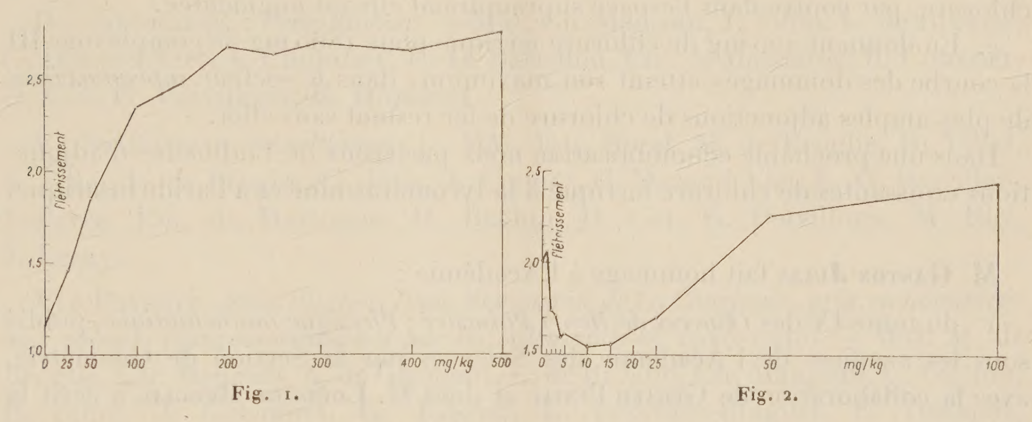


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — L'influence de quantités croissantes de chlorure ferrique sur l'effet de flétrissement du complexone III chez les jeunes pousses de tomates. *Abscisses :* quantité de chlorure ferrique ajoutée. *Ordonnées :* flétrissement.

Fig. 2. — Essai identique avec la figure 1, mais avec de plus petits intervalles.

Si les intervalles sont choisis relativement grands, on obtient la courbe de figure 1 : les dommages moyens augmentent régulièrement jusqu'à 200 mg pour 1860 mg de complexone et dès ce point tracent une horizontale. Une plus grande augmentation des adjonctions de chlorure de fer n'engendre plus une augmentation correspondante des dommages.

Par contre si les intervalles de groupe en groupe sont choisis très courts, on obtient la courbe de la figure 2 : au début de la courbe, adjonction de 1-15 mg de chlorure pour 1860 mg de complexone III, la toxicité du complexone III est réduite constamment. Ajoute-t-on 10-15 mg de chlorure, la courbe atteint alors son minimum; avec des additions de chlorure croissantes la courbe change de sens et se met à monter, en même temps les symptômes des dommages changent quelque peu qualitativement.

La toxicité de notre substance modèle, pour les pousses de jeunes tomates, parcourt ainsi trois phases :

a. Dans une phase *suboptimale*, c'est-à-dire dans l'espace compris entre des adjonctions de 1 à environ 10-15 mg pour 1860 mg complexone III, ce dernier soustrait à l'hôte des ions métalliques vitaux et cause ainsi des *dommages de carence*; par des additions croissantes de chlorure ferrique la toxicité du complexone III est successivement inhibée, et la courbe des dommages descend.

b. Dans une phase *supraoptimale*, c'est-à-dire dans un espace de 15-200 mg de chlorure ferrique pour 1860 mg de complexone III, le complexone apporte trop de ions de fer dans la plante-hôte et provoque des *dommages de pléthore*; ceux-ci seront encore augmentés par une plus grande adjonction de chlorure ferrique.

Pour notre substance modèle des additions croissantes de chlorure ferrique ont donc, selon l'espace dans lequel elles sont ajoutées, *des effets opposés* : dans l'espace suboptimal la toxicité est diminuée par des adjonctions croissantes de chlorure, par contre dans l'espace supraoptimal elle est augmentée.

c. En donnant 200 mg de chlorure ferrique pour 1860 mg de complexone III la courbe des dommages atteint son maximum; dans le secteur *supramaximal* de plus amples adjonctions de chlorure de fer restent sans effet.

Dans une prochaine communication nous parlerons de l'influence d'adjonctions croissantes de chlorure ferrique à la lycomarasmine et à l'acide fusarique.

M. **Gaston Julia** fait hommage à l'Académie :

1° du tome IX des *Œuvres de Henri Poincaré* : *Physique mathématique*, publié sous les auspices de l'Académie des Sciences par la Section de Géométrie, avec la collaboration de Gérard Petiau et dont M. **Louis de Broglie** a écrit la *Préface*;

2° de la deuxième partie, en deux volumes, des *Œuvres complètes* de Élie Cartan. Vol. 1, *Algèbre, formes différentielles, systèmes différentiels*. Vol. 2. *Groupes infinis, systèmes différentiels, théories d'équivalence.*

COMMISSIONS.

Par la majorité des suffrages, MM. **Charles Maurain**, **Paul Montel**, pour la Division des Sciences mathématiques; **Maurice Caullery**, **Charles Laubry**, pour la Division des Sciences physiques; **Gaston Dupouy**, **Louis Néel**, pour la Section des Membres non résidants, sont élus Membres de la Commission qui, sous la présidence de M. le Président de l'Académie, dressera une liste de candidats à la place de Membre non résidant, vacante par le décès de M. *Eugène Bataillon*.

Le scrutin pour la nomination des Commissions de prix de 1954, ouvert en la séance du 25 janvier, est clos en celle du 1er février.

46 cahiers de vote ont été déposés.

Le dépouillement du scrutin donne les résultats suivants :

I. Mathématiques : *Prix Poncelet, Carrière*. — MM. J. Hadamard, Ém. Borel, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, J. Chazy, P. Montel, A. Denjoy, J. Pérès, R. Garnier.

II. Mécanique : *Prix Montyon, Henri de Parville*. — MM. Ém. Borel, A. de Gramont, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, A. Caquot, J. Pérès, H. Beghin, M. Roy, J. Leray.

III. ASTRONOMIE : *Prix La Caille.* — MM. Ch. Maurain, L. de Broglie, G. Fayet, L. Picart, J. Chazy, P. Montel, J. Cabannes, A. Danjon, J. Baillaud, N...

IV. GÉOGRAPHIE : *Prix Binoux.* — MM. Ch. Maurain, J. Tilho, L. de Broglie, G. Durand-Viel, A. Chevalier, É.-G. Barrillon, Em. de Martonne, R. Courrier, D. Cot, G. Poivilliers, H. Humbert.

V. NAVIGATION : *Prix Plumey.* — MM. Ém. Borel, M. de Broglie, H. Villat, J. Tilho, L. de Broglie, G. Julia, A. Caquot, G. Durand-Viel, É.-G. Barrillon, J. Pérès, Em. de Martonne, H. Beghin, D. Cot, G. Poivilliers, M. Roy, J. Leray.

VI. PHYSIQUE : *Prix Hughes, Paul Marguerite de La Charlonie, prix en hommage aux savants français assassinés par les Allemands en* 1940-1945. — MM. M. de Broglie, Ch. Maurain, A. de Gramont, L. de Broglie, Ch. Mauguin, C. Gutton, F. Joliot, J. Cabannes, G. Ribaud, L. Leprince-Ringuet, E. Darmois, F. Perrin.

VII. CHIMIE : *Prix Montyon des Arts insalubres, fondation Cahours, médaille Berthelot, prix Émile Jungfleisch, fondation Charles-Adam Girard.* — MM. G. Bertrand, M. Delépine, M. Javillier, P. Lebeau, J. Duclaux, P. Jolibois, R. Courrier, L. Hackspill, P. Pascal, Ch. Dufraisse.

VIII. MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE. — *Prix Joseph Labbé, Carrière, fondation Lucien Cayeux, Fonds des jeunes géologues.* — MM. M. Caullery, Ch. Jacob, Ch. Mauguin, F. Grandjean, P. Jolibois, R. Courrier, A. Michel-Lévy, A. Demolon, P. Fallot, N....

IX. BOTANIQUE : *Prix de Coincy, Foulon.* — MM. G. Bertrand, L. Blaringhem, A. Chevalier, G. Ramon, R. Souèges, R. Courrier, R. Heim, R. Combes, H. Humbert, Ph. Guinier.

X. ÉCONOMIE RURALE : *Prix Nicolas Zvorikine, Foulon, Mme Albert Demolon.* — MM. G. Bertrand, L. Blaringhem, M. Javillier, A. Chevalier, R. Courrier, A. Demolon, A. Mayer, M. Lemoigne, Ph. Guinier, N....

XI. ANATOMIE ET ZOOLOGIE : *Prix Foulon.* — MM. M. Caullery, P. Portier, É. Roubaud, P. Wintrebert, L. Fage, L. Binet, G. Ramon, R. Courrier, P.-P. Grassé, Chr. Champy.

XII. MÉDECINE ET CHIRURGIE : *Prix Montyon, Bréant, Godard, Bellion, Jean Dagnan-Bouveret.* — MM. P. Portier, E. Sergent, L. Binet, G. Ramon, R. Courrier, Ch. Laubry, R. Leriche, J. Tréfouël, A. Lacassagne, G. Guillain, L. Bazy, Chr. Champy.

XIII. CANCER ET TUBERCULOSE : *Prix Bariot-Faynot, fondation Roy-Vaucouloux, prix Louise Darracq.* — MM. M. Caullery, L. Binet, G. Ramon, R. Courrier, Ch. Laubry, R. Leriche, A. Lacassagne, G. Guillain.

XIV. Physiologie : *Prix Montyon, L. La Caze.* — MM. M. Caullery, P. Portier, L. Binet, G. Ramon, R. Courrier, P.-P. Grassé, A. Lacassagne, G. Guillain.

XV. Applications de la Science a l'Industrie : *Prix Kastner-Boursault, Caméré.* — MM. L. de Broglie, R. Esnault-Pelterie, É.-G. Barrillon, A. Portevin, A. Pérard, G. Ramon, R. Courrier, P. Chevenard, R. Barthélemy, G. Darrieus, H. Parodi.

XVI. Statistique : *Prix Montyon.* — MM. Ém. Borel, L. Blaringhem, Ch. Maurain, H. Villat, L. de Broglie, J. Chazy, P. Montel, A. Denjoy, R. Courrier.

XVII. Ouvrages de sciences : *Prix Henri de Parville.* — MM. M. de Broglie, L. Fage, L. de Broglie, R. Courrier et trois membres élus : MM. Ém. Borel, M. Caullery, A. Pérard.

XVIII. *Médailles Lavoisier, Henri Poincaré.* — MM. M. de Broglie, L. Fage, L. de Broglie, R. Courrier.

XIX. *Prix d'Aumale, Charles-Louis de Saulses de Freycinet, Mme Victor Noury, fonds des Laboratoires, fondation Girbal-Baral, fonds des Bourses, fonds d'assistance.* — MM. M. de Broglie, L. Fage, L. de Broglie, R. Courrier; Ém. Borel, G. Bertrand.

XX. *Prix fondé par l'État* (Grand prix des sciences mathématiques). — MM. Ém. Borel, A. de Gramont, L. de Broglie, G. Julia, J. Chazy, P. Montel, É.-G. Barrillon, A. Pérard.

XXI. *Prix Bordin* (Sciences physiques). — MM. M. Caullery, A. Chevalier, Ém. Roubaud, A. Portevin, G. Ramon, R. Souèges, R. Courrier, R. Heim.

XXII. *Prix Lallemand.* — MM. M. Caullery, P. Portier, L. Binet, G. Ramon, R. Courrier, R. Leriche, G. Guillain, Chr. Champy.

XXIII. *Prix Le Conte.* — MM. M. de Broglie, L. Fage, L. de Broglie, R. Courrier et sept membres qui seront élus ultérieurement.

XXIV. *Fondation Jérôme Ponti* (Sciences mathématiques). — MM. Ém. Borel, Ch. Maurain, A. de Gramont, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, J. Chazy, P. Montel.

XXV. *Prix Parkin.* — MM. G. Bertrand, M. Caullery, M. Delépine, M. Javillier, L. Binet, G. Ramon, R. Courrier, A. Mayer.

XXVI. *Prix Saintour* (Sciences physiques). — MM. M. Caullery, M. Delépine, A. Chevalier, Ém. Roubaud, A. Portevin, G. Ramon, R. Souèges, R. Courrier.

XXVII. *Prix Lonchampt.* — MM. G. Bertrand, M. Caullery, M. Delépine, M. Javillier, A. Chevalier, L. Binet, R. Courrier, G. Guillain.

XXVIII. *Prix Millet-Ronssin.* — MM. R. Courrier; Ch. Jacob, Ch. Mauguin; A. Chevalier, R. Souèges; Ém. Roubaud, L. Fage.

XXIX. *Prix Général Muteau* (Sciences mathématiques). — MM. Ém. Borel, L. de Broglie, G. Julia, A. Caquot, G. Durand-Viel, J. Chazy, P. Montel, É.-G. Barrillon.

XXX. *Fondation Jaffé.* — MM. M. de Broglie, L. Fage, L. de Broglie, R. Courrier et sept membres qui seront élus ultérieurement.

XXXI. *Prix Laura Mounier de Saridakis.* — MM. M. de Broglie; L. de Broglie, R. Courrier; J. Cabannes, G. Ribaud; G. Bertrand, P. Lebeau; P. Portier, L. Binet.

XXXII. *Prix Lamb.* — MM. A. de Gramont, L. de Broglie, J. Chazy, P. Montel, É.-G. Barrillon, A. Portevin, A. Pérard, R. Courrier, G. Darrieus.

XXXIII. *Prix Ernest Dechelle* (Sciences physiques). — MM. G. Bertrand, M. Caullery, Ch. Jacob, M. Javillier, A. Portevin, G. Ramon, R. Courrier, R. Heim.

XXXIV. *Prix du Docteur et de Madame Henri Labbé.* — MM. G. Bertrand, M. Javillier, L. Binet, R. Courrier, A. Demolon, J. Tréfouël, A. Mayer, M. Lemoigne.

XXXV. *Conseil Loutreuil.* — MM. M. de Broglie; L. de Broglie, R. Courrier; Ém. Borel, G. Bertrand, A. Pérard.

PLIS CACHETÉS.

A la demande des auteurs, le pli cacheté accepté en la séance du 11 février 1952 et enregistré sous le n° 12 933, est ouvert par M. le Président.

Le document qui en est retiré sera soumis à l'examen de la Section de médecine et chirurgie.

CORRESPONDANCE.

M. **Jean-Lucien Andrieux** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section des Membres non résidants, par le décès de M. *Eugène Bataillon*.

M. **Louis Andrieux** adresse en hommage à l'Académie le texte de la thèse qu'il a présentée en 1929 à la Faculté des Sciences de Paris : *Recherches sur l'électrolyse des oxydes métalliques dissous dans l'anhydride borique ou dans les*

borates fondus, et les thèses suivantes qui résument les travaux faits dans son Laboratoire : 1° *Recherches sur l'électrolyse des silicates fondus*, par MAURICE DODERO ; 2° *Recherches sur la préparation des phosphures métalliques par électrolyse ignée*, par MARCEL CHÊNE ; 3° *Recherches sur la préparation des composés binaires du molybdène et du tungstène par électrolyse ignée*, par GEORGES WEISS ; 4° *Recherches sur la cémentation électrolytique dans les sels oxygénés fondus*, par PIERRE BLUM ; 5° *Recherches sur l'électrolyse des aluminates fondus*, par ÉTIENNE BONNIER.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Proceedings of the Seventh Pacific Science Congress of the Pacific Science Association held at Auckland and Christchurch, New Zealand, 2nd February to 4th March* 1949. Vol. II. *Geology*.

2° Consiglio nazionale delle ricerche. « 3ª giornata della scienza », indetta dal C. N. R. in occasione della 31. fiera di Milano. *Convegno sulle vitamine*. Milano, 12-16 aprile 1953.

3° Universidade de São Paulo. *Indice bibliografico das publicações*. Vol. I. Fasc. 1, 2.

ALGÈBRE. — *Sur les annulateurs des formes extérieures.*

Note (*) de M. **MARCEL VIVIER** présentée par M. Joseph Pérès.

La présente Note expose quelques propriétés des diviseurs de zéro dans une algèbre extérieure ($\mathfrak{A}$). Grâce à la notion de *degré réduit* d'une forme elle généralise des résultats acquis antérieurement et résumés dans deux communications précédentes [1].

1. ($\mathfrak{B}$) désignant l'ensemble des formes monomes de la base $\mathfrak{B}$ de $\mathfrak{A}$, pour une suite $\omega_1, \ldots, \omega_n \in (\mathfrak{B})$ et tout $\Phi \in \mathfrak{A}$, on pose $\Phi = \psi_i \Phi + R_i$, $\psi_i(\Phi)$ représente la somme des termes de Φ qui s'écrivent avec au moins un élément de ω_i. R_i n'en contient aucun. On pose $\psi_2\psi_1(\Phi) = \psi_1\psi_2(\Phi) = \psi_{12}(\Phi)$. Par récurrence on définit $\psi_{\alpha_1 \ldots \alpha_k}(\Phi)$: somme des termes de Φ qui s'écrivent avec au moins un élément de ω_{α_1}, un élément de ω_{α_2} etc., un élément de ω_{α_k}. La relation $\Phi = \psi_{i \ldots k}(\Phi)$ est équivalente au système $[\omega_i \Phi] = 0$ $(i = 1, \ldots, k)$. Par ailleurs quel que soit Φ, $\Phi - \psi_{1 \ldots k}\Phi = R_1 + \psi_1(R_2) + \ldots + \psi_{1, \ldots, (k-1)}(R_k)$. Le second membre est invariant pour toute permutation des indices et les R_i vérifient les équations de structure $R_i - \psi_j R_i = R_j - \psi_i R_j$.

(*) Séance du 18 janvier 1954.

(1) M. VIVIER, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 879 et 1725.

2. Les ω_i étant de degrés quelconques, soient n formes $\lambda_i \in \mathcal{A}$ vérifiant l'égalité $\Sigma_i^n \lambda_i \omega_i = 0$. Avec $\omega_i = u_{ik} m_{ki}$, $\omega_k = u_{ki} m_{ik} [u_{ik} = u_{ki} \in (\mathcal{B})$; m_{ik} et $m_{ki} \in (\mathcal{B})$; $m_{ki} m_{ik} \neq 0$; ε et ε' étant les degrés respectifs de m_{ki} et de $m_{ik}]$ il vient

$$(1) \qquad -\lambda_k = \Sigma_i (-1)^{\varepsilon\varepsilon'} m_{ki} \frac{\partial \lambda_i}{\partial m_{ik}},$$

λ_k est donc une expression linéaire en m_{ki} ce qui permet d'établir que *toute identité* (*telle que* $\Sigma \lambda_i \omega_i = 0$) *entre les* ω_i *procède de combinaisons linéaires des identités fondamentales* $\omega_i m_{ik} - (-1)^{\varepsilon\varepsilon'} \omega_k m_{ki} = 0$. D'une manière plus précise on a

$$(2) \qquad \lambda_i = \Sigma_k \varphi_{ik} m_{ik},$$

φ_{ik} étant une forme arbitraire indépendante des éléments de ω_i et ω_k telle que $-\varphi_{ik} = (-1)^{\varepsilon\varepsilon'} \varphi_{ki}$.

3. Les ω_i ayant maintenant le même degré on pose $\Delta = \Sigma_i^n \omega_i$. $(\mathcal{J}_x)$ est l'idéal des annulateurs de Δ^x. Si $G \in (\mathcal{J}_1)$ (c'est-à-dire si $G\Delta = 0$) on peut écrire $G = \lambda_1 + \psi_1 \lambda_2 + \ldots + \psi_{1,\ldots,(n)} \lambda_n + \psi_{1,\ldots,n} G$. Les λ_i ne sont assujettis qu'à prendre la forme (2) et à satisfaire aux équations de structure $\lambda_i - \psi_k \lambda_i = \lambda_k - \psi_i \lambda_k$. Il s'ensuit que pour tous les m_{ij} tels que $\omega_k m_{ij} \neq 0$ et tous les m_{kj} tels que $\omega_i m_{kj} \neq 0$ on a

$$(3) \qquad \Sigma_j (\varphi_{ij} - \psi_k \varphi_{ij}) m_{ij} = \Sigma_{j'} (\varphi_{kj'} - \psi_i \varphi_{kj'}) m_{kj'}.$$

Cette formule est d'application commode pour les faibles valeurs de n.

4. Nous supposerons désormais que *les* ω_i *sont d'un même degré pair* ($2d$), que $[\omega_i \omega_j] \neq 0$ et que $[\omega_1 \ldots \omega_n]$ est le monome du plus haut degré de $(\mathcal{B})$. $\mathcal{A}$ est somme directe des sous-modules $\Omega_{k,r}$ dont chaque élément simple $\in (\mathcal{B})$ renferme strictement k facteurs $\omega_{i_1} \ldots \omega_{i_k}$ et r facteurs de degrés inférieurs à $2d$ contenus dans r monomes $\omega_{\alpha_1} \ldots \omega_{\alpha_r}$ (distincts des précédents). *Le nombre* $p = 2k + r$ *est appelé degré réduit de tout élément de* $\Omega_{k,r}$. Dans ce qui suit H désignera toujours une forme de $\Omega_{k,r}$ et nous poserons

$$\theta_i[\mathrm{H}] = \psi_i(\mathrm{H}) - \omega_i \left(\frac{\partial \mathrm{H}}{\partial \omega_i} \right).$$

5. $(\Sigma_{k,r} \mathrm{H}_{k,r}) \Delta^x = 0$ entraîne $\mathrm{H}_{k,r} \Delta^x = 0$. On peut donc se borner dans l'étude de $(\mathcal{J}_x)$ à considérer les formes H. De $\mathrm{H}\Delta^x = 0$ on tire d'abord (par exemple) $\theta_1(\mathrm{H})\Delta^x = 0$ et plus généralement $\theta_{1\ldots r}(\mathrm{H})\Delta^x = 0$. H se décompose donc en une somme de polynomes construits de la manière suivante : chacun d'eux possède un facteur monome $\in (\mathcal{B})$: $\lambda = \psi_{\alpha_1 \ldots \alpha_r}(\lambda)$ multiplié par un polynome $\mathrm{P} \in \Omega_{k,0}$ annulateur de $[\omega_{\alpha_{r+1}} \ldots \omega_{\alpha_n}]^x$.

De $\mathrm{H}\Delta^x = 0$ on tire encore $(\partial \mathrm{H}/\partial \omega_1)[\omega_2 \ldots \omega_n]^{x+1} = 0$ et

$$\frac{\partial \mathrm{H}}{\partial [\omega_1 \ldots \omega_k]} [\omega_{k+1} + \ldots + \omega_n]^{x+k} = 0$$

En appliquant ces formules à P on trouve que $\mathrm{H}\Delta^x = 0$ entraîne $\mathrm{H} = 0$ si $p + x \leqq n$.

6. En posant $\omega_1 + \ldots + \omega_k = \delta_k$, $\Delta = \delta_k + \delta'_k$, $\lambda \in \Omega_{0,r}$ et en développant le second membre de l'identité $\lambda[-\delta_k]^k = \lambda[\delta'_k - \Delta]^k$, compte tenu du fait que $\lambda[\delta'_k]^{k-s} = 0$ si $r + k - s > n - k$, il apparaît que pour tout H de degré réduit supérieur à n on a $H = \Delta^h \Phi$ avec $p = n + h$. (Les paragraphes 5 et 6 généralisent deux théorèmes de M. Lepage).

7. Dans $\Omega_{k,r}$ on appelle dérivée totale de H par rapport à Δ la forme

$$\frac{dH}{d\Delta} = \Sigma_i \frac{\partial H}{\partial \omega_i}.$$

On a d'ailleurs $kH = \Sigma_1^n \omega_i(\partial H/\partial \omega_i)$ et $rH = \Sigma_1^n \theta_i H$ d'où

$$\frac{d[\Delta H]}{d\Delta} = (n-p)H + \Delta \frac{dH}{d\Delta}.$$

A cette égalité se rattachent les formules et les théorèmes résumés dans les Notes précédentes [1] *relatives au cas $d = 1$. Il suffit d'y substituer au degré réel de* H *son degré réduit* (qui se confondent quand $d = 1$).

8. En utilisant la décomposition canonique de H en puissances de Δ, on trouve enfin que $(\mathcal{J}_x)$ possède une base de polynomes réductibles au type :

$$\lambda(\omega_{i_1} - \omega_{j_1}) \ldots (\omega_{i_s} - \omega_{j_s}), \qquad \lambda \in (\mathcal{B}) \qquad \text{et} \qquad \lambda = \psi_{\alpha_1, \alpha_2 \ldots \alpha_t}(\lambda).$$

La suite d'indices $\alpha_1 \ldots \alpha_t$, $i_1 \ldots i_s$, $j_1 \ldots j_s$ ne comporte aucune répétition et $x + 2s + t \geq n + 1$ $(s \leq k)$.

Il s'en suit que tout H de degré k en ω_i, annulateur de Δ^x, est annulateur de tout monome $\in (\mathcal{B})$ formé avec $x + k$ facteurs ω_i quelconques.

9. A l'aide d'une décomposition dans $(\mathcal{B})$: $\omega_1 = X_1 X_2$, $\omega_2 = Y_1 Y_2$ (X_1 et Y_1 étant de degré 1) et des identités :

$$2[\omega_1 + \omega_2] = (X_1 + Y_1)(X_2 + Y_2) + (X_1 - Y_1)(X_2 - Y_2);$$
$$2[\omega_1 - \omega_2] = (X_1 + Y_1)(X_2 - Y_2) + (X_1 - Y_1)(X_2 + Y_2);$$

on démontre par itération que $(\mathcal{J}_x)$ possède une base de formes simples.

10. X_1 et Y_1 étant simplement du même degré impair, on établit que $(\mathcal{J}_x)$ possède une base dont les éléments s'écrivent

$$\xi_1 \xi_2 \ldots \xi_h \Phi \qquad \text{tandis que} \qquad \Delta^x = \Sigma A_i \xi_i,$$

$\xi_s \ldots \xi_h$ étant des formes impaires. Ce résultat est susceptible de généralisation.

THÉORIE DES GROUPES. — *Représentations induites des groupes de Lie semi-simples réels.* Note de M. **François Bruhat**, présentée par M. Jacques Hadamard.

1. Soit $\mathfrak{g}_0$ une algèbre de Lie semi-simple réelle, $\mathfrak{g}$ l'algèbre complexifiée, que nous supposerons non exceptionnelle. On sait [1] qu'il existe une sous-

[1] K. Iwasawa, *Ann. Mat.*, 50, 1949, p. 507-557.

algèbre de Cartan $\mathfrak{h}$ de $\mathfrak{g}$, une base de Weyl $\mathbf{h}_1 \ldots \mathbf{h}_l$, $\mathbf{e}_\alpha$, $\mathbf{e}_{-\alpha} \ldots$ (α décrivant Σ, système des racines positives de $\mathfrak{g}$ suivant $\mathfrak{h}$ ordonnée par $\mathbf{h}_1 \ldots \mathbf{h}_l$) et un automorphisme involutif θ de $\mathfrak{g}$, conservant la forme compacte $\mathfrak{g}_u$ associée à cette base de Weyl tels que : 1° $\mathfrak{g}_0 = \{\mathbf{u} + \sqrt{-1}\mathbf{v}; \mathbf{u}, \mathbf{v} \in \mathfrak{g}, \theta\mathbf{u} = \mathbf{u}, \theta\mathbf{v} = -\mathbf{v}\}$; 2° $\theta\mathbf{h}_j = -\mathbf{h}_j$ pour $1 \leq j \leq m$ et $\theta\mathbf{h}_j = \mathbf{h}_j$ pour $j > m$; 3° si $\mathfrak{h}^1$ (resp. $\mathfrak{h}^{-1}$) est la sous-algèbre de $\mathfrak{g}$ engendrée par les $\mathbf{h}_j$ pour $j > m$ (resp. $1 \leq j \leq m$), tout élément $\mathbf{x}$ de $\mathfrak{g}_u$ tel que $\theta\mathbf{x} = -\mathbf{x}$ et qui commute avec $\mathfrak{h}^{-1}$ appartient à $\mathfrak{h}^{-1}$.

Soient Σ', (resp. Σ'') l'ensemble des $\alpha \in \Sigma$ avec $\theta\alpha < 0$ (resp. $\theta\alpha = \alpha$) : on a $\Sigma = \Sigma' \cup \Sigma''$. Soit $\mathfrak{m}$ (resp. $\mathfrak{n}$) la sous-algèbre de $\mathfrak{g}$ engendrée par $\mathfrak{h}^1$ et les $\mathbf{e}_\alpha$ et $\mathbf{e}_{-\alpha}$ pour $\alpha \in \Sigma''$ (resp. par les $\mathbf{e}_\alpha$ pour $\alpha \in \Sigma'$). Si $\mathfrak{a}$ est un sous-espace (complexe) de $\mathfrak{g}$, on désignera par $\mathfrak{a}_0$ le sous-espace (réel) $\mathfrak{g} \cap \mathfrak{g}_0$ de $\mathfrak{g}_0$. On démontre que $\mathfrak{m}_0$ est le centralisateur de $\mathfrak{h}^{-1}$ dans $\mathfrak{g}_0 \cap \mathfrak{g}_u$ et que $[\mathfrak{m}, \mathfrak{n}] \subset \mathfrak{n}$; par suite $\mathfrak{c}_0 = \mathfrak{m}_0 + \mathfrak{h}_0^{-1} + \mathfrak{n}_0$ est une sous-algèbre de $\mathfrak{g}_0$; soit $\mathfrak{c}$ sa complexifiée : $\mathfrak{c}$ contient la sous-algèbre résoluble maximale régulière $\mathfrak{p}$ engendrée par $\mathfrak{h}$ et les $\mathbf{e}_\alpha$ pour $\alpha \in \Sigma$.

2. Soient G_0, G, G_u les groupes adjoints de $\mathfrak{g}_0$, $\mathfrak{g}$, $\mathfrak{g}_u$ respectivement; $K = G_0 \cap G_u$ est un sous-groupe compact maximal de G_0. Soit H (resp. H^1, H^{-1}, N) le sous-groupe de G engendré par $\mathfrak{h}$ (resp. $\mathfrak{h}^1$, $\mathfrak{h}^{-1}$, $\mathfrak{n}$). Si A est un sous-groupe de G, on désignera par A_0 le sous-groupe $A \cap G_0$ de G_0. Soit M_0 le centralisateur de H_0^{-1} dans K : M_0 est un sous-groupe compact de G_0, d'algèbre de Lie $\mathfrak{m}_0$, et $\Gamma = M_0 H_0^{-1} N_0$ est un sous-groupe fermé de G_0 contenant H_0 et d'algèbre de Lie $\mathfrak{c}_0$. Nous allons généraliser aux représentations de G_0 induites par une représentation unitaire de Γ les résultats démontrés dans le cas des groupes de Lie complexes dans notre Note précédente ([2]).

Soit $\hat{H}_0$ le normalisateur de H_0 dans G_0 : on sait ([3]) que $\hat{H}_0/H_0$ est un groupe fini (groupe de Weyl de G_0). Si $x \in \hat{H}_0$, ad x conserve $\mathfrak{h}_0^{-1}$ et y induit une rotation (pour la forme de Killing); cette rotation n'est pas triviale si $x \notin \Gamma$, le centralisateur de H_0^{-1} dans G_0 étant $M_0 H_0^{-1} \subset \Gamma$.

LEMME. — *Toute double classe mod Γ dans G_0 rencontre $\hat{H}_0$: par suite, il n'y en a qu'un nombre fini.*

Démonstration. — *a.* Si $\mathbf{u}$ est un élément régulier dans $\mathfrak{g}$ de $\mathfrak{c}_0$, il existe un élément y de Γ tel que ad $y(\mathbf{u}) \in \mathfrak{h}$: en effet soit $\mathbf{u} = \mathbf{v} + \mathbf{w}$ avec $\mathbf{v} \in \mathfrak{m}_0$, $\mathbf{w} \in \mathfrak{h}_0^{-1} + \mathfrak{n}_0$; $\mathfrak{h}_0^1$ est une sous-algèbre de Cartan de $\mathfrak{m}_0$ qui est l'algèbre de Lie d'un groupe compact, M_0 : il existe donc un élément $k \in M_0$ tel que ad $k(\mathbf{v}) \in \mathbf{h}_0^1$; alors ad $k(\mathbf{u}) \in \mathfrak{h}_0 + \mathfrak{n}_0$. Or, on peut démontrer en utilisant la

---

([2]) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 437 (B III). *Voir* également nos Notes, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1478 (B I) et 238, 1954, p. 38 (B II). On trouvera en particulier dans (B II) les définitions de $\rho_\Gamma(x)$ et de la représentation $V_r(\xi)$, et dans (B III) la définition de $h(\alpha)$ pour $\alpha \in \Sigma$ et $h \in H$.

([3]) S. MURAKAMI, *J. Mat. Soc. Japan*, 4, 1952, p. 103-133.

formule de Hausdorff [4] $\mathrm{ad}\,(\exp \mathbf{u})\,(\mathbf{v}) = \sum(-1)^j/j!\,[vu^j]$, que tout élément régulier de $\mathfrak{h}_0 + \mathfrak{n}_0$ est de la forme $\mathrm{ad}\, z(\mathbf{h})$ avec $z \in \mathrm{N}_0$ et $\mathbf{h} \in \mathfrak{h}_0$.

b. pour tout $x \in \mathrm{G}_0$, il y a dans $\mathfrak{c}_x = \mathfrak{c}_0 \cap \mathrm{ad}\,x(\mathfrak{c}_0)$ un élément $\mathbf{u}$ régulier : en effet, les éléments réguliers de $\mathfrak{g}$ sont définis par des inégalités algébriques à coefficients réels si l'on rapporte $\mathfrak{g}$ à une base $\in \mathfrak{g}_0$. Si tout élément de $\mathfrak{c}_x$ était irrégulier, il en serait de même de tout élément de sa complexifiée, qui contient $\mathfrak{p} \cap \mathrm{ad}\,x(\mathfrak{p})$: ce qui contredirait le lemme de (B III);

c. soit y et $y' \in \Gamma$, tels que $\mathbf{h} = \mathrm{ad}\,y(\mathbf{u})$ et $\mathbf{h}' = \mathrm{ad}(y'^{-1}x^{-1})(\mathbf{u})$ appartiennent à $\mathfrak{h}_0$: $\mathrm{ad}(yxy')$ transforme le commutant de $\mathbf{h}'$ en le commutant de $\mathbf{h}$, c'est-à-dire conserve $\mathfrak{h}_0$: d'où le lemme.

On montre alors en adaptant les raisonnements de (B III), que pour tout $x \in \hat{\mathrm{H}}_0$, on a, en posant $\Gamma_x = \Gamma \cap x\Gamma x^{-1}$: $\rho_{\Gamma_x}(h)^2 = \rho_\Gamma(h)\rho_\Gamma(x^{-1}hx)$ pour $h \in \mathrm{H}_0$ et que les sous-représentations de dimension 1 de $\mathrm{V}_r(\xi)$ restreintes à H_0^{-1} sont de la forme $h \to \prod_{i=1}^{i=m} h(\alpha_i)^{-p_i}$, p_i entiers positifs, α_i racines simples $\in \Sigma'$.

3. Soient $m \to \mathrm{L}(m)$ une représentation unitaire irréductible de M_0 et $h \to \chi(h)$ une représentation unitaire de dimension 1 de H_0^{-1},

$$\chi(h) = \prod_{i=1}^{i=m} |h(\alpha_i)|^{m_i + \sqrt{-1}\,\tau_i}\, h(\alpha_i)^{-m_i} \quad [m_i \text{ entiers, } \tau_i \text{ réels}].$$

On a une représentation unitaire irréductible de dimension finie L_χ de Γ en posant $\mathrm{L}_\chi(mhn) = \chi(h)\mathrm{L}(m)$ pour $m \in \mathrm{M}_0$, $h \in \mathrm{H}_0^{-1}$, $n \in \mathrm{N}_0$. Soit $x \in \hat{\mathrm{H}}_0$: on a $\alpha_j(\mathrm{ad}\,x^{-1}(\mathbf{h})) = \sum \sigma_{ij}\alpha_i(\mathbf{h})$, les σ_{ij} étant des entiers, d'où

$$(x^{-1}hx)(\alpha_j) = \prod h(\alpha_i)^{\sigma_{ij}}$$

et par suite

$$\mathrm{L}_\chi(h) \otimes \mathrm{L}_\chi^\star(x^{-1}hx) = \prod_{i=1}^{i=m} |h(\alpha_i)|^{m_i - \sum \sigma_{ij}m_j + \sqrt{-1}\left(\tau_i - \sum \sigma_{ij}\tau_j\right)} h(\alpha_i)^{-m_i + \sum \sigma_{ij}m_j}\, \mathrm{I} \otimes \mathrm{I}.$$

On déduit alors, comme dans le cas complexe, de la généralisation indiquée dans (B III) des théorèmes de (B II) le :

Théorème. — *Si χ n'est invariante par aucune rotation non triviale de H_0^{-1} appartenant au groupe de Weyl de G_0, la représentation induite $\mathrm{U}^{\mathrm{L}_\chi}$ de G_0 est irréductible* [5]. *Si* L *et* L' (*resp.* χ *et* χ') *sont deux représentations unitaires irré-*

---

(4) *Berichte der Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig*, 58, 1906, p. 19-48.

(5) Si χ est invariante par certaines rotations, nous pouvons seulement dire que $\mathrm{U}^{\mathrm{L}_\chi}$ ne peut se décomposer qu'en un nombre fini de représentations irréductibles.

ductibles de M_0 (*resp.* H_0^{-1}) *et si* χ *et* χ' *ne se déduisent pas l'une de l'autre par une rotation du groupe de Weyl,* U^{L_χ} *et* $U^{L_{\chi'}}$ *ne sont pas équivalentes.*

On généralise facilement ce théorème au cas d'un groupe de Lie semi-simple réel connexe non exceptionnel de centre quelconque.

THÉORIE DES GROUPES. — *Une classe d'espaces homogènes possédant une mesure invariante.* Note (*) de M. **Jean Poncet**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

L'auteur donne une condition suffisante pour qu'un espace homogène G/H (G localement compact, H sous-groupe fermé de G) possède une mesure invariante, condition qui s'énonce : quel que soit le voisinage V de l'unité, il existe un voisinage U de l'unité tel que $HU \subset VH$.

Nous dirons pour abréger qu'un sous-groupe H d'un groupe localement compact G et un « grand sous-groupe » si $H^\star = G/\overline{H}$ (espace des classes à gauche de $\overline{H}$) est compact, et qu'il est « presque invariant » si quel que soit le voisinage V de l'unité il existe un voisinage U de l'unité tel que $HU \subset VH$. Avec les définitions et notations d'une Note précédente ([1]) on peut dire que H est presque invariant si $x_0 \subset H^\star$ possède un système fondamental de voisinages symétriques. Tout sous-groupe compact est presque invariant. S'il existe un système fondamental de voisinages de l'unité invariant par les automorphismes intérieurs' tout sous-groupe est presque invariant. Le résultat de cette Note généralise le fait connu que si H est fermé et invariant dans G, le caractère d'unimodularité de G coïncide sur H avec celui de H. Alors, par application du lemme 1 de la Note citée ([1]), l'existence d'un grand sous-groupe presque invariant entraîne l'existence d'un grand sous-groupe invariant, donc d'un homorphisme sur un groupe compact.

Théorème. — *Si* H *est un sous-groupe fermé et presque invariant dans le groupe localement compact* G, $H^\star = G/H$ *possède une mesure invariante par* G.

La démonstration consiste en une généralisation convenable de celle qui établit l'existence d'une mesure invariante dans un groupe localement compact ([2]).

La classe H étant toujours désignée par $x_0 \subset H^\star$, soient $f(x)$, $g(x)$ deux fonctions à valeurs $\geqq 0$, bornées et nulles en dehors d'un compact. Soit $(f:g)$ la borne inférieure des sommes finies Σc_i de réels $\geqq 0$ tels que pour des $S_i \subset G$ convenablement choisis on ait $f(x) \leqq \Sigma c_i g(S_i^{-1} x) = \Sigma c_i S_i g(x)$. On vérifie (*voir* A. Weil, *loc. cit.*) : $(Sf:g) = (f:g)$; $(cf:g) = c(f:g)$, $c \geqq 0$; $(f+f':g) \leqq (f:g) + (f':g)$; $(f:g) \leqq (f:h).(h:g)$; $(f:g) \geqq \sup f/\sup g$.

(*) Séance du 11 janvier 1954.

([1]) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 192.

([2]) Voir A. Weil, *L'intégration dans les groupes topologiques*, Ouvrage auquel nous empruntons quelques notations; *voir* aussi les Notes précédentes : *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 192 et 316.

Nous allons construire une fonctionnelle linéaire I_f, $f \subset L_+$ invariante par G, d'où suivra comme on sait l'existence d'une mesure invariante sur $H^\star$.

Posons $A_f(g) = (f:g)/(f_0:g)$, $f_0 \subset L_+$ étant choisie une fois pour toutes, g étant désormais supposée posséder une borne inférieure > 0 sur un certain ouvert. Alors $(f:g)$ est finie, et non nulle si $f \neq 0$. On a :

$$\frac{1}{(f_0:f)} \leq A_f(g) \leq (f:f_0);$$

$A_f(g)$ est dans un intervalle fermé J_f ne contenant pas o. Soit J le produit topologique compact des J_f. Soit Σ un système fondamental de voisinage Vx_0 de x_0. Si F(V) désigne l'adhérence dans J de l'ensemble des $A(g) = \{A_f(g)\}$ qu'on obtient en faisant parcourir à g les fonctions caractéristiques des voisinages de Σ contenus dans Vx_0, on voit facilement que l'intersection des F(V) n'est pas vide. Soit $I = \{I_f\}$ un point de J contenu dans tous les F(V). Alors $I_{f+f'} \leq I_f + I_{f'}$; $I_{cf} = cI_f$, $c \geq 0$; $I_{sf} = I_f$.

Supposons maintenant que Σ soit formé de voisinages symétriques $HUx_0 (U = U^{-1})$ contenus dans un certain compact Wx_0 (W compact), ce qui est possible puisque H est presque invariant.

Soit $f \subset L_+$ et $C \subset H^\star$ le support compact de f : il existe un compact D de G tel que $Dx_0 = C$. Considérons l'inégalité $f(x) \leq \Sigma c_i\, g(S_i^{-1}x)$. Elle reste satisfaite si l'on supprime les termes de la somme où $g(S_i^{-1}x)$ est la fonction caractéristique d'un $S_i HUx_0$ qui ne rencontre pas Dx_0, ce qui revient à dire que l'on peut toujours exiger que $S_i \subset DHUH \subset DWH$. Or comme $g(S^{-1}x) = g((Sh)^{-1}x)$ pour $h \subset H$, on voit finalement que la borne inférieure $(f:g)$ des Σc_i ne change pas si l'on suppose les S_i contenus dans le compact DW.

Soient h, $h' \subset L_+$, $h + h' \leq 1$; h et h' sont uniformément continues : il y a V tel que $x \subset Vs$ entraîne $|h(x) - h(s)| \leq \varepsilon$; de même pour h'. L'intersection V' des $S^{-1}VS$, $S \subset DW$, est un voisinage de l'unité. Prenons $U = U^{-1}$ tel que HUx_0 soit un voisinage symétrique de x_0 contenu dans $V'x_0$. Soit g la fonction caractéristique de HUx_0 et supposons $f(x) \leq \Sigma c_i S_i g(x)$, $S_i \subset DW$. Alors si $x \subset Dx_0$, il est contenu dans un certain $S_i HUx_0 \subset S_i V' x_0 \subset VS_i x_0$: $h(x) \leq h(S_i x_0) + \varepsilon$, d'où $f(x) h(x) \leq \Sigma c_i (h(S_i x_0) + \varepsilon) S_i g(x)$; une même inégalité est valable pour $f(x) h'(x)$. Si au contraire x est en dehors de Dx_0, $f(x) = 0$, et les mêmes inégalités sont satisfaites. On voit donc en additionnant membre à membre que $(fh:g) + (fh':g) \leq (f:g)\,(1 + 2\varepsilon)$ quel que soit ε pourvu que g soit la fonction caractéristique d'un voisinage symétrique assez petit. Cela étant, il viendra aussi $A_{fh}(g) + A_{fh'}(g) \leq A_f(g)\,(1 + 2\varepsilon)$, et par suite $I_{fh} + I_{fh'} \leq I_f$. A partir de cette dernière inégalité on conclut exactement comme dans la démonstration de A. Weil [3], $I_f + I_{f'} \leq I_{f+f'}$, et donc $I_{f+f'} = I_f + I_{f'}$.

Enfin la fonctionnelle I_f n'est pas nulle puisque $1/(f_0:f) \leq I_f$.

---

(3) *Loc. cit.*, p. 36.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Une borne pour un déterminant avec diagonale majorante.* Note (*) de M. **J. L. Brenner**, présentée par M. Jacques Hadamard.

On obtiendra dans cette Note une borne inférieure pour le déterminant (a_{ij}), $1 \leq i, j \leq n$, en supposant que les inégalités

$$(1) \qquad |a_{kk}| > \sum_{j \neq k}' a_{kj} \qquad (k = 1, 2, \ldots, n)$$

sont satisfaites. En effet, dét(a_{ij}) satisfait à l'inégalité

$$|\text{dét}(a_{ij})| \geq |a_{11}| \prod_{k=2}^{n} (|a_{kk}| - m_k + L_k),$$

où les L_k et les différences $|a_{kk}| - m_k$ sont positives et se définissent ci-dessous. En remplaçant les L_k par 0, on obtient comme corollaire la borne de G. B. Price (3). La borne se lie aussi avec celles de E. V. Haynsworth (1) et de A. M. Ostrowski (2), mais n'est point identique à celles-ci. D'autre part on trouve une borne supérieure de même nature par la même méthode.

On a posé ci-dessus

$$m_k = \sum_{j < k} a_{kj}, \qquad L_k = R_k + \left|\frac{a_{k1}}{a_{11}}\right| \sum_{j > k} a_{1j},$$

$$R_k = \Sigma_{p=2}^{k-1} \frac{\left| A\begin{pmatrix} 1, & 2, & \ldots, & p-1, & k \\ 1, & 2, & \ldots, & p-1, & p \end{pmatrix} \right|}{\left| A\begin{pmatrix} 1, & \ldots, & p-1 \\ 1, & \ldots, & p-1 \end{pmatrix} A\begin{pmatrix} 1, & \ldots, & p \\ 1, & \ldots, & p \end{pmatrix} \right|} \times \Sigma_{j>k} \left| A\begin{pmatrix} 1, & 2, & \ldots, & p-1, & p \\ 1, & 2, & \ldots, & p-1, & j \end{pmatrix} \right|,$$

en désignant par $A\begin{pmatrix} \cdots \\ \cdots \end{pmatrix}$ le déterminant mineur de A qui se compose des lignes dont les indices s'écrivent en haut et des colonnes dont les indices s'écrivent en bas.

Pour faire la démonstration, on ajoute à la $k^{\text{ième}}$ colonne de (a_{ij}) un multiple convenable de la première colonne. On obtient ainsi une matrice

$$\begin{pmatrix} a_{11}, & 0 \\ \star, & B \end{pmatrix},$$

(*) Séance du 25 janvier 1954.

(1) *Duke Math. J.*, **20**, 1953, p. 199-209.

(2) *Proc. Amer. Math. Soc.*, **3**, 1952, p. 26-30.

(3) *Same proc.*, **2**, 1951, p. 497-502.

B étant une matrice carrée de dimension $n-1$ dont les éléments sont $b_{ij} = -a_{i1}a_{1j}/a_{11} + a_{ij}$. On prouve d'abord que les éléments de la matrice B satisfont à l'inégalité

$$(1_B) \qquad |b_{kk}| > \sum' |b_{kj}| \qquad (k = 2, 3, \ldots, n).$$

Alors on peut en déduire l'inégalité énoncée à partir de l'inégalité triviale $|\det(a_{ij})| \geq |a_{11}| |\det B|$, en utilisant l'induction.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Le calcul symbolique dans les algèbres commutatives.* Note (*) de M. **Lucien Waelbroeck**, présentée par M. Jean Leray.

Nous étudions certaines algèbres topologiques, et plus particulièrement des éléments remarquables de ces algèbres, que nous appelons réguliers. Nous définissons le spectre d'un système d'éléments réguliers. Un calcul symbolique permet de définir $f(a_1, \ldots, a_n)$ lorsque f est analytique sur un voisinage du spectre de $(a_1, \ldots, a_n)$.

1. Ci-dessous, nous considérons une algèbre topologique, A. Nous supposons qu'elle est commutative à élément unité sur le corps des complexes. Et que sa topologie est localement convexe, séparée, complète.

Nous disons qu'un élément a de A est régulier si $(a-s)$ est inversible pour s complexe suffisamment grand, la fonction $(a-s)^{-1}$ étant bornée sur un voisinage de l'infini. Le *spectre de a* (sp$a$) est l'intersection des compacts, S, tels que $(a-s)^{-1}$ soit borné sur $\complement$S.

Le spectre d'un élément régulier est une partie compacte du plan complexe. On montre que c'est l'ensemble des complexes, s, qui sont tels que $(a-s)$ n'ait pas d'inverse régulier.

Soit a régulier, $(a-s)^{-1}$ est une fonction définie sur $\complement$ sp$a$. On montre qu'elle y est holomorphe, et tend vers zéro lorsque s tend vers l'infini. Ce fait implique notamment que le spectre d'un élément régulier ne peut être vide. Sinon $(a-s)^{-1}$ serait une fonction entière, nulle à l'infini; elle serait constante, nulle. Ce qui est impossible.

Si l'algèbre A est de Banach, tout élément de A est régulier. Ce fait découle des propriétés bien connues de l'inverse dans cette catégorie d'algèbres. Il est donc nécessaire et suffisant que $(a-s)$ soit inversible, pour qu'il ait un inverse régulier; le spectre de a est l'ensemble des complexes, s, tels que $(a-s)$ ne soit pas inversible.

On montre qu'en général, l'ensemble des éléments réguliers d'une algèbre du type considéré est une sous-algèbre, qui peut ne pas être fermée.

2. Soit $(a_1, \ldots, a_n)$ un système de n éléments réguliers de A. Nous appel-

(*) Séance du 25 janvier 1954.

lerons « *le spectre de* $(a_1, \ldots, a_n)$ » $(\mathrm{sp}\, a_1, \ldots, a_n)$ l'ensemble des systèmes de n nombres complexes, $(s_1, \ldots, s_n)$ qui sont tels que $P(s) \in \mathrm{sp}\, P(a)$, dès que P est un polynome de n indéterminées. Le spectre d'un système d'éléments réguliers est une partie compacte, rationnellement convexe, de l'espace à n dimensions complexes.

Considérons le cas où $n = 1$. Nous avons donné deux définitions de $\mathrm{sp}\, a$, qui sont *a priori* différentes. On montre qu'elles sont équivalentes.

3. On démontre le résultat suivant :

Il existe une, et une seule, représentation continue de l'algèbre $\mathcal{H}(\mathrm{sp}\, a_1, \ldots, a_n)$ *des fonctions analytiques sur le spectre de* $(a_1, \ldots, a_n)$, *dans* A, *qui applique la fonction analytique coordonnée,* z_i, *sur* a_i, *et la constante* 1 *sur l'élément unité de* A. [L'algèbre $\mathcal{H}(\mathrm{sp}\, a_1, \ldots, a_n)$ est munie d'une topologie qui a été définie par L. van Hove (5)].

Réciproquement, soit S *compact, rationnellement convexe, et tel qu'il existe une telle représentation continue, de* $\mathcal{H}(S)$ *dans* A. *Alors* $(a_1, \ldots, a_n)$ *est un système d'éléments réguliers, dont le spectre est contenu dans* S.

L'image de $f(z_1, \ldots, z_n)$ dans A sera appelée $f(a_1, \ldots, a_n)$. Cette notation est compatible avec les structures d'algèbre topologique de $\mathcal{H}(\mathrm{sp}\, a_1, \ldots, a_n)$, et de A. En effet, l'application de $f(z)$ sur $f(a)$ est une représentation continue, qui applique z_i sur a_i, et 1 sur 1.

4. Cette notation, $f(a)$, est même compatible avec la structure définie sur l'ensemble des algèbres de fonctions analytiques, par la composition de telles fonctions :

Soit $(a_1, \ldots, a_n)$ un système d'éléments de A, et $(g_1, \ldots, g_N)$ un système de fonctions analytiques sur le spectre de $(a_1, \ldots, a_n)$. Posons $b_r = g_r(a)$ $(r = 1, \ldots, N)$ Alors, $(b_1, \ldots, b_N)$ est un système d'éléments réguliers. Son spectre est la fermeture rationnellement convexe de l'image par (g) du spectre de (a).

Soit $f(y)$ une fonction analytique sur le spectre de b. Posons $F(z) = f[g(z)]$. La fonction F est analytique sur le spectre de a. Nous pouvons définir $f[g(a)]$ de deux manières différentes. On montre qu'il y a associativité, que

$$f(b) = F(a) = f[g(a)].$$

5. Divers auteurs, notamment I. Gelfand (3) et A. Beurling (1) dans un cas plus particulier, construisent un calcul symbolique semblable à celui esquissé

---

(1) *Sur les intégrales de Fourier absolument convergentes et leur application à une transformation fonctionnelle* (*IXe Congrès des Mathématiciens scandinaves*, Helsingfors, 1938).

(2) *Bull. Soc. Math. de France*, 78, 1950, p. 29-64.

(3) *Math. Sbornick.*, 51, 1941, p. 3-24.

(4) *Bull. Soc. Math. de France*. 78, 1950, p. 1-28.

(5) *Bull. Acad. Belgique*, 38, 1952, p. 331-351.

ci-dessus. Mais ils ne considèrent jamais qu'un seul élément. Et ils supposent au moins qu'il appartient à une algèbre de Banach.

Nous généralisons ce calcul dans deux sens différents : Nous montrons que certaines propriétés dont l'inverse jouit dans les algèbres de Banach suffisent pour le construire. Et nous arrivons même à l'appliquer à des systèmes d'éléments des algèbres considérées.

Nos raisonnements, ainsi que ceux de Gelfand, utilisent l'intégrale de Cauchy pour construire le calcul symbolique en fonction d'un seul élément. Pour construire le calcul symbolique en fonction d'un système d'éléments, nous utilisons des résultats de K. Oka ([1]) et de H. Cartan ([2]), relatifs à la théorie arithmétique des algèbres de fonctions analytiques, en plus de l'intégrale de Cauchy.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur des conditions pour qu'une fonction infiniment dérivable soit un polymone.* Note de MM. **Ernest Corominas** et **Ferran Sunyer I Balaguer**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

On généralise le théorème de l'Analyse d'après lequel une fonction, dont l'une des dérivées est identiquement nulle, est un polynome.

Les théorèmes dont il est question dans cette Note sont des applications de la théorie topologique des ensembles parfaits d'après Baire.

Nous démontrons d'abord le théorème suivant :

Soit $f(x)$ une fonction infiniment dérivable dans le segment $[a, b]$, si pour tout $x \in [a, b]$, il existe un entier $\nu = \nu(x) \geq 0$ (d'ailleurs variable) tel que l'on ait

$$f^{(\nu)}(x) = 0, \qquad (\alpha_1)$$

$f(x)$ est un polynome.

Dans le cas où l'on prend $\nu(x)$ constant dans $[a, b]$ nous retombons sur un théorème classique de l'Analyse.

Il est aisé de donner des contre-exemples qui montrent que le théorème est faux dans le cas où l'on ne suppose plus l'existence de toutes les dérivées de $f(x)$ dans $[a, b]$. Néanmoins, si $\nu(x)$ est bornée dans $[a, b]$, soit $0 \leq \nu(x) \leq N$, et si l'on admet l'existence des dérivées jusqu'à l'ordre N en tout point x de $[a, b]$ [et non pas seulement l'existence jusqu'à l'ordre de $\nu(x)$ en chaque point du segment], $f(x)$ est encore un polynome et, par surcroît, son degré est $\leq N$.

On comprend vite qu'il n'est pas essentiel de faire l'hypothèse (α_1) dans tous les points de $[a, b]$ pour que $f(x)$ soit un polynome. C'est ainsi que nous avons démontré le théorème qui permet de trancher complètement cette question :

Soit $f(x)$ une fonction infiniment dérivable dans $[a, b]$, si en tout point $x \in L \subset [a, b]$, il existe un entier $\nu = \nu(x) \geq 0$ tel que

$$f^{(\nu)}(x) = 0,$$

$f(x)$ peut ne pas être un polynome si, et seulement si, l'ensemble complémentaire de L contient un sous-ensemble parfait.

Le théorème suivant généralise notre premier théorème :

Soit $f(x)$ une fonction infiniment dérivable dans $[a, b]$ et H un ensemble de valeurs réelles tout au plus dénombrable. Si pour tout $x \in [a, b]$ il existe un entier $\nu = \nu(x) \geq 0$ tel que

$$f^{(\nu)}(x) \in H,$$

$f(x)$ est un polynome.

Ce théorème est également exact lorsque l'on suppose seulement que la puissance de H est inférieure à la puissance du continu. Par contre si H contient un sous-ensemble parfait il existe une fouction $f(x)$ infiniment dérivable qui n'est pas un polynome et telle que $f^{(\nu(x))}(x) \in H$. Enfin nous avons démontré que :

Soit $f(x)$ une fonction infiniment dérivable dans $[a, b]$ et $\{\varphi_K^{(x)}(x)\}$ un ensemble dénombrable de fonctions quasi analytiques appartenant à une même classe et $\nu(x)$ et $\lambda(x)$ deux entiers tels que

$$f^{(\nu(x))}(x) = \varphi_{\lambda(x)}^{(\nu(x))}(x),$$

sous ces conditions suffisantes il existe un nombre λ_0 tel que $f(x) - \varphi_{\lambda_0}(x)$ est un polynome.

GÉOMÉTRIE. — *Rigidité des V_{n-1} d'un espace riemannien S_n, à courbure constante.* Note de Mlle **Simone Lemoine**, présentée par M. Joseph Pérès.

Toute V_{n-1} plongée dans un espace S_n à courbure constante non nulle est rigide pour $n > 4$. Dans un S_4 quelconque, il existe des V_3 localement déformables ; détermination de la métrique de telles V_3.

I. La métrique d'un espace S_n à n dimensions et à courbure constante K, de signature quelconque en coordonnées locales réelles, peut toujours être ramenée au type elliptique par l'emploi de formes de Pfaff à valeurs réelles ou purement imaginaires. Dans un tel S_n, soit V_{n-1} une variété dont les normales constituent un champ de vecteurs non nuls. Une condition nécessaire de déformabilité locale est que $n - 3$ au moins des courbures eulériennes principales de V_{n-1} soient nulles (1).

(1) E. Cartan, *Mém. Sc. Math.*, 9, 1925, p. 51 ; L. P. Eisenhart, *Riemannian Geometry*, Princeton, 1949, p. 212.

1. *$n-3$ courbures eulériennes principales nulles.* — A chaque point de V_{n-1} peut être associé un repère constitué par le vecteur unitaire $\vec{e}_n$ normal à V_{n-1}, $n-3$ vecteurs $\vec{e}_\rho(\rho=3, \ldots, n-1)$ unitaires orthogonaux à $\vec{e}_n$, orthogonaux entre eux et tels que la V_{n-3} totalement géodésique dans S_n qui leur est tangente appartienne à V_{n-1} et deux vecteurs $\vec{e}_i(i=1, 2)$ orthogonaux à $\vec{e}_n$ et aux $\vec{e}_\rho$, dont la direction et la norme sont telles que, parmi les coefficients définissant la connexion au voisinage de l'origine, tous les $\gamma_\rho{}^i{}_\sigma$ et les $\gamma_\rho{}^1{}_2$ sont nuls. Deux cas sont alors possibles :

a. les $\gamma_\rho{}^1{}_1$ vérifient les $(n-3)^2$ conditions

$$\delta_\sigma \gamma_\rho{}^1{}_1 = \gamma_\rho{}^\tau{}_\sigma \gamma_\tau{}^1{}_1 - \gamma_\rho{}^1{}_1 \gamma_\sigma{}^1{}_1 - K \delta_{\rho\sigma}. \tag{1}$$

où $\delta_{\rho\sigma}$ est le symbole de Kronecker et δ_σ l'opérateur de dérivation pfaffienne par rapport à ω^σ dans le système de formes $(\omega^i, \omega^\sigma)$ dual de la base $(\vec{e}_i, \vec{e}_\rho)$ de V_{n-1}. Pour $n>4$, $K \neq 0$, ces équations sont incompatibles avec la structure de variété à courbure constante de V_{n-3}.

b. V_{n-1} est déformable avec persistance d'une direction asymptotique. Tous les $\gamma_\rho{}^i{}_\sigma$ ne peuvent être nuls sans que K le soit.

2. *$n-2$ courbures eulériennes principales nulles.* — S'il existe une telle V_{n-1}, c'est une développable. A chacun de ses points, il est possible d'attacher un repère orthonormé tel que les coefficients de Ricci $\gamma_2{}^1{}_1$ et $\gamma_\rho{}^1{}_1$ vérifient $(n-2)^2$ conditions analogues à (1), donc incompatibles pour $n>3$.

Théorème. — *Toute V_{n-1} d'un espace S_n à courbure constante non nulle est rigide pour $n>4$. Dans S_4 il n'existe ni V_3 développable ni V_3 déformable avec persistance d'une direction asymptotique.*

II. Lorsque $n=4$, en posant $K=-\rho^2$ et en convenant d'appeler variété *régulièrement déformable* toute variété dont la déformation locale ne fait intervenir aucune direction privilégiée et variété *singulièrement déformable* toute autre variété localement déformable, l'intégration des équations de Gauss-Codazzi conduit au

Théorème. — *Dans tout S_4, il existe des V_3 régulièrement déformables et des V_3 singulièrement déformables.*

1. *La métrique d'une V_3 régulièrement déformable peut être écrite*

$$ds^2 = \frac{1}{[\varphi(x^3)]^2}[(\omega^1)^2 + (\omega^2)^2 + (dx^3)^2],$$

où les ω^i sont deux formes de Pfaff quelconques de deux variables et où $\varphi(x^3)$ est l'une des trois fonctions ρx^3, $\operatorname{sh}\rho x^3$, $\sin\rho x^3$.

2. *Toute V_3 singulièrement déformable est nécessairement à directions conjuguées persistantes distinctes. Si cette V_3 n'est pas minima, le repère peut être choisi de manière que $\vec{e}_1$ et $\vec{e}_2$ soient normés et fassent entre eux l'angle Ω. Cet angle Ω*

ne dépend que de deux paramètres u^1 et u^2, grâce auxquels on peut écrire

$$\omega^1 = F_1\, du^1, \qquad \omega^2 = F_2\, du^2.$$

La détermination de la forme ω^3 introduit un nouveau paramètre x^3 et l'on a

$$d\omega^3 = 2\rho \cos\Omega\, \omega^1 \wedge \omega^2,$$

tandis que les F_i sont de la forme

$$F_i = A_i\, e^{\rho x^3} + B_i\, e^{-\rho x^3}.$$

A_i *et les* B_i *sont des fonctions des* u^k. *Il existe en outre, deux fonctions* Λ *et* Θ *des* u^k, *telles que*, $\bmod \omega^3$,

$$d\omega^1 = \left(\frac{\Lambda}{F_2}\cos\Omega + \frac{\Theta}{F_1}\right)\omega^1 \wedge \omega^2, \qquad d\omega^2 = \left(\frac{\Lambda}{F_2} + \frac{\Theta}{F_1}\cos\Omega\right)\omega^2 \wedge \omega^1,$$

et que ∂_i étant l'opérateur de dérivation ordinaire par rapport aux u^i :

$$\partial_1 \log \frac{\partial_1 \log \operatorname{tg}\frac{\Omega}{2} - \Theta}{K^*} + 2\Theta\cos\Omega = 0, \qquad \partial_2 \log \frac{\partial_2 \log \operatorname{tg}\frac{\Omega}{2} - \Lambda}{K^*} + 2\Lambda\cos\Omega = 0,$$

$$\partial_{12}\log K^* - \partial_1(\Lambda\cos\Omega) - \partial_2(\Theta\cos\Omega) - 4\left(\frac{\partial_1\Omega}{\sin\Omega} - \Theta\right)\left(\frac{\partial_2\Omega}{\sin\Omega} - \Lambda\right) = 0,$$

$$\frac{K^*}{\sin\Omega} = \partial_1(\Lambda\sin\Omega) + \partial_2(\Theta\sin\Omega) - \partial_{12}\Omega + 2\rho^2(A_1B_2 + A_2B_1)\sin\Omega.$$

MÉCANIQUE ALÉATOIRE. — *Sur les fonctionnelles caractéristiques des solutions aléatoires de certaines équations aux dérivées partielles.* Note (*) de M. **Jean Bass**, présentée par M. Joseph Pérès.

$u(x, t)$ est une fonction d'une variable de position x et du temps t, définie pour $-\infty < x < \infty$, $t \geq 0$, et satisfaisant à l'équation aux dérivées partielles (1)

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u\frac{\partial u}{\partial x} = \mu\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}, \tag{1}$$

μ, constante donnée. Le changement de variable $u = -[(1/2\mu)(\partial/\partial x)]\log z)$ permet d'intégrer (1) et montre que la solution qui, pour $t = 0$, se réduit à une fonction $f(x)$ bornée et intégrable est déterminée. Si $f(x)$ est aléatoire, u est aléatoire. Comme l'a montré E. Hopf (2) (pour les équations de Navier), la fonctionnelle caractéristique (F. C.) de $u(x, t)$ obéit à une équation d'évolution bien déterminée en fonction du temps. On sait d'autre part que, à cause du

(*) Séance du 25 janvier 1954.

(1) Cette équation a été utilisée par J. M. Bürgers, *Proc. Acad. Sc. Amsterdam*, 53, 1950, p. 247, 393, 718, 752, comme modèle de turbulence à une seule dimension.

(2) *J. rat. mech. analysis*, 1, n° 1, 1952, p. 87.

caractère *non linéaire* de (1), il n'existe pas d'équation d'évolution analogue pour des quantités telles que la variance ou la covariance de $u(x, t)$ dans l'espace. Nous voulons prouver que, à cause des termes *du second ordre* de (1), il n'est pas non plus possible de prédire l'évolution de la fonction caractéristique (f. c.) de la variable aléatoire u (ou d'un nombre fini de variables $u(x_1, t)$, $u(x_2, t)$, ...). Par suite, la F. C. est l'élément statistique le plus simple dont l'évolution en fonction du temps puisse être prévue à partir de son état initial pour $t=0$.

La démonstration se fait en trois étapes :

1. On suppose que $u(x, 0)=f(x)$ appartient à un espace de Banach $\mathcal{E}$ donné (f bornée, ou de $p^{\text{ième}}$ puissance sommable sur $-\infty$, $+\infty$, $p \geqq 1$), est intégrable et satisfait à une condition de Lipschitz. On montre que la solution de l'équation

$$\frac{\partial u}{\partial t} = ku\frac{\partial u}{\partial x} + \mu\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \tag{2}$$

qui se réduit à $f(x)$ pour $t=0$ est une fonction continue de k, même pour $k=0$. Pour cela, on peut utiliser l'expression de la solution de (2), ou chercher à mettre $u(x, t)$ sous la forme

$$u = \sum_{n=0}^{\infty} k^n u_n, \qquad \text{avec} \quad u_0(x, 0) = f(x), \qquad u_n(x, 0) = 0 \quad \text{si} \quad n \geqq 1. \tag{3}$$

On est ramené à un système récurrent

$$\frac{\partial u_0}{\partial t} = \mu\frac{\partial^2 u_0}{\partial x^2}, \qquad \ldots, \qquad \frac{\partial u_n}{\partial t} = \mu\frac{\partial^2 u_n}{\partial x^2} + \sum_{p=0}^{n-1} u_p \frac{\partial u_{n-p-1}}{\partial x}. \tag{4}$$

On montre qu'il existe des nombres a, ω tels que

$$|u_n| < \frac{(a\omega)^n t^{\frac{n}{2}}}{\sqrt{n}}, \tag{5}$$

ce qui entraîne la continuité de la série (3) par rapport à k. Des limitations analogues permettent de vérifier que le système (4) est bien équivalent à (2).

2. u étant fonction *continue* de k (sur chaque épreuve), il en est de même de sa f. c. $\varphi(y; x, t) = \mathrm{E}\exp(iyu)$. S'il existait une relation entre $\varphi(y; x, t)$ et $\varphi(y; x, 0)$ pour une valeur de $k \neq 0$, cette relation existerait pour toutes les valeurs non nulles inférieures en module, et par suite aussi pour $k=0$.

3. Pour $k=0$, (2) se réduit à l'*équation de la chaleur*

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \mu\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}, \tag{6}$$

équation *linéaire* dont la solution est de la forme

$$u(x, t) = \mathbf{T}_t u(x, 0), \tag{7}$$

où $\mathbf{T}_t$ est un opérateur intégral bien connu.

Soit $\Phi(y\,|\,t) = \mathrm{E}\exp(i\mathcal{L})$ la F. C. de u au sens de E. Hopf. $\mathcal{L}$ est une fonctionnelle linéaire bornée, produit scalaire de u par un élément $y(x)$ de l'espace dual $\mathcal{E}^\star$ de $\mathcal{E}$. On a ([3]), en désignant par $\mathbf{T}_t^\star$ l'adjoint de $\mathbf{T}_t$,

$$(8) \qquad \mathcal{L} = \big(\mathbf{T}_t u(x,\,0),\,y(x)\big) = \big(u(x,\,0),\,\mathbf{T}_t^\star y(x)\big).$$

Il existe donc une opération faisant passer de $\Phi(y\,|\,0)$ à $\Phi(y\,|\,t)$. Elle peut s'écrire

$$(9) \qquad \Phi(y\,|\,t) = \Phi(\mathbf{T}_t^\star y\,|\,0).$$

On peut trouver une suite de fonctions $y_n(x) \in \mathcal{E}^\star$ telles que, si $n \to \infty$, la F. C. Φ tende vers la f. c. $\varphi = \mathrm{E}\exp(iy'u)$, où y' est un nombre. Mais dans ces conditions la suite de fonctions $\mathbf{T}_t^\star y(x)$ tend vers une fonction, de sorte que, pour pouvoir calculer la f. c. φ à l'instant t, il faut connaître complètement la F. C. à l'instant 0. Sauf dans des cas tout à fait exceptionnels, cette F. C. ne se réduit pas à une f. c. D'après I et II, ce résultat s'étend à l'équation non linéaire (1) et met en évidence le rôle nécessaire de l'équation de E. Hopf.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la relation de masse proton-électron.*

Note (*) de M. **Shimon Yiftah**, présentée par M. Louis de Broglie.

Parmi les problèmes non résolus de l'atome d'hydrogène, le plus simple des atomes ([1]), l'un des plus frappants est la relation de masse entre les deux fermions qui constituent l'atome d'hydrogène, le proton et l'électron, qui est égale à $m_p/m_e = 1\,836$.

Cette relation est donnée uniquement par l'expérience. Rien ne serait changé dans la théorie habituelle si cette relation était toute différente, puisque les masses apparaissent comme des paramètres arbitraires. (Cette remarque est valable aussi pour toute la théorie quantique des champs.)

D'autre part, remarquons que si le problème général du spectre des masses des particules élémentaires devient de plus en plus urgent et nécessitant une solution générale, si l'on tient compte du nombre toujours croissant des particules dites élémentaires, la relation de masse proton-électron tient un rôle particulier. En effet, si l'on examine la liste de toutes les particules élémentaires connues, on s'aperçoit que, outre les photons de masse nulle ou évanes-

---

([3]) L'idée de ce mode de raisonnement est due à M. Le Cam.

(*) Séance du 25 janvier 1954.

([1]) Je ne tiens pas compte ici du *positronium*, atome éphémère, composé d'un positron et d'un électron, qui peut être considéré comme un système plus simple que l'atome d'hydrogène, puisque les masses de ses deux constituants sont égales. La première preuve expérimentale de son existence a été fournie par Deutsch et coll. en 1951 (voir *Phys. Rev.*, 82, 1951, p. 455).

cente, les seules particules stables, qui sont les constituants des atomes et de toute la matière, sont les nucléons et les électrons qui peuvent seuls être considérés comme *particules de structure*. Toutes les autres particules sont instables. Elles apparaissent et disparaissent dans des processus nucléaires et ont une vie moyenne de l'ordre de 10^{-6}, 10^{-8} jusqu'à 10^{-15} s. Tenant compte encore que le neutron libre est instable (²), et qu'il n'existe pas de systèmes neutron-électron, il se trouve que la relation de masse particulière, spécialement importante, est la relation de masse proton-électron.

Le traitement usuel de l'atome d'hydrogène consiste à le traiter comme un système d'une particule (l'électron) dans un champ de force central (le champ coulombien). Or si ce traitement est justifiable pour les considérations qui ne font intervenir que l'énergie du mouvement relatif de deux constituants, comme par exemple le spectre de l'atome, il ne sera pas acceptable si l'on veut considérer la relation de masse entre les deux constituants, car faire assimiler le proton à un champ de force, c'est justement noyer son individualité qui, elle, se caractérise par une masse bien définie.

La conséquence de ce raisonnement est que pour essayer de traiter la relation de masse, il faut tout d'abord traiter l'atome d'hydrogène comme un système de deux fermions obéissant tous les deux à la théorie de Dirac, c'est-à-dire traiter le problème dans toute sa généralité.

Or, dans la théorie de Dirac, on est amené à associer à chaque « particule de Dirac » des grandeurs de champ définies par la théorie. Ces grandeurs de champ peuvent se classer rationnellement en seize matrices hermitiennes linéaires indépendantes comme l'a fait M. L. de Broglie (³). De même, on peut adjoindre seize autres grandeurs de champ qui forment les seize composantes d'un tenseur non-symétrique du second ordre auquel, suivant les idées de MM. Costa de Beauregard et V. Weyssenhof on peut attribuer le sens d'un *tenseur d'impulsion-énergie pour l'électron de Dirac*.

Pour traiter nos deux fermions, le proton et l'électron, nous devons nous imaginer deux systèmes de ce genre en interaction, c'est-à-dire écrire deux équations de Dirac, l'une pour l'électron, faisant intervenir m_e, l'autre pour le proton, faisant intervenir m_p.

Il est aisé de voir que si chaque équation, tenant compte de ces seize grandeurs de champ, peut être considérée comme ayant seize degrés de liberté, le système total aura $16 \times 16 = 256$ degrés de liberté. En désignant le nombre de degrés de liberté en indice inférieur, nous pouvons dire que le proton et l'électron sont des particules du type V_{16} et le système proton-électron du type V_{256}.

Il est connu que l'équation de Dirac pour l'électron à spin donne du même

(²) *Voir* Robson, *Phys. Rev.*, 78, 1950, p. 311.

(³) *La théorie des particules de spin* 1/2, Gauthier-Villars, 1952, p. 76.

coup une équation pour le positron. Aussi la même équation appliquée au proton donne du même coup une équation pour l'antiproton ([4]). Or puisque nous savons que dans notre atome d'hydrogène nous avons affaire à un électron (et pas à un positron) et à un proton (et pas à un antiproton), le nombre de degrés de liberté de V_{16} se trouve diminué de 6, le nombre de degrés de liberté associé aux composantes électromagnétiques qui changent de signe lorsque l'on passe d'un cas à l'autre, et le proton et l'électron seront des V_{10}. De même, le nombre de degrés de liberté du système proton-électron se trouve réduit de 256 à 136 (10×10 composantes de deux $V_{10} + 6 \times 6$ composantes pouvant changer de signe), de manière que le système proton-électron sera une V_{156}.

Or justement, le calcul proposé par Eddington pour la relation de masse, basé sur une analyse comparative des méthodes de la Mécanique quantique et de la Relativité de traiter le champ, consiste à faire une décomposition d'une V_{136} de masse m_0 en deux V_{10} de masses m_1, m_2 : $V_{136} \rightarrow 2V_{10}$.

On trouve que $m_1 m_2$ sont les deux racines de l'équation quadratique

$$(1) \qquad 10m^2 - 136\, mm_0 + \beta^{\frac{5}{6}} m_0^2 = 0, \qquad \text{où} \quad \beta = \frac{137}{136},$$

qui donne pour relation de masse $m_1/m_2 = 1836$ ([5]).

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la dérivation du potentiel nucléaire à partir de la théorie mésique pseudoscalaire.* Note de M. **Maurice Jean**, présentée par M. Louis de Broglie.

Récemment A. Klein ([1]) a étudié la convergence des séries (dans un développement par rapport à la constante de couplage g) des potentiels statiques correspondant à certains types de diagrammes d'interaction. Ces diagrammes appartiennent aux trois classes, plus générales, suivantes : *a.* diagrammes ne contenant pas d'interaction gradient $(\vec{\sigma}.\vec{\nabla})$; *b.* diagrammes contenant deux interactions gradient sur la même ligne de nucléon, et *c.* diagrammes contenant deux interactions gradient chacune sur une ligne de nucléon différente. Klein a montré que ces séries pouvaient être sommées et les potentiels exprimés sous des formes compactes. Nous avons réalisé une étude analogue, mais par une méthode différente que nous rapporterons ici. Nos résultats sont comparables

---

([4]) Bien que cette particule, le proton négatif, n'ait pas encore été mis en évidence expérimentalement.

([5]) Pour les détails de calcul, *voir* Eddington, *Fundamental theory*, Cambridge, 1948; S. Yiftah, *Thèses*, Paris, 1953.

([1]) *Phys. Rev.*, 91, 1953, p. 740 et 91, 1953, p. 1017.

à ceux de Klein mais de plus contiennent, au moins partiellement, l'effet de « damping » du couplage par paires dû à la réaction du champ.

Il est maintenant bien connu qu'après une transformation canonique convenable [2] l'hamiltonien d'interaction de la théorie symétrique pseudoscalaire (γ_5) devient à l'approximation statique

$$(1)\qquad H^{\text{int}} = \frac{g}{2M}\int \vec{\sigma}.\vec{\nabla}\,\tau_i \Phi_i(x)\,\rho(x)\,d^3x + \frac{g^2}{2M}\int \Phi_i^2(x)\,\rho(x)\,d^3x + \text{termes d'ordres supérieurs au second},$$

où $\rho(x)$ est la densité de source des nucléons. Le second terme de (1) est l'hamiltonien d'interaction d'une théorie non relativiste avec couplage par paires de mésons. Or G. Wentzel [3] a montré que pour une telle théorie une solution rigoureuse peut être obtenue et qu'il est possible d'en déduire le potentiel V_a correspondant aux diagrammes des types a. Dans ces conditions, si l'on inclut le second terme de (1) dans l'hamiltonien non perturbé, il suffit de traiter le premier terme par la méthode de perturbation au second ordre pour obtenir les potentiels V_b et V_c correspondant aux diagrammes des types b et c, puisque ceux-ci ne font intervenir que deux couplages gradient. On est conduit à considérer, dans l'espace des moments, l'hamiltonien $H = H^{(0)} + H'$ avec

$$(2)\quad H^{(0)} = \int d^3k\,\{\Pi_i^*(k)\,\Pi_i(k) + \omega^2(k)\,\Phi_i^*(k)\,\Phi_i(k)\} + \lambda\sum_s \iint d^3k\,d^3k'\,\Phi_i^*(k)\,\Phi_i(k')\,e^{i(\vec{k'}-\vec{k}).\vec{x}_s}$$

et

$$(3)\qquad H' = \lambda'\sum_s \int d^3k\,i\vec{\sigma}^{(s)}.\vec{k}\,\tau_i^{(s)}\Phi_i(k)\,e^{i\vec{k}.\vec{x}_s},$$

où $\vec{x}_s$ est la coordonnée du $s^{\text{ième}}$ nucléon et $\lambda = g^2/(2\pi)^3M$ et $\lambda' = g^2/(2\pi)^{3/2}M$. Les opérateurs du champ mésique sont développés suivant $\Phi_i(k) = \sum_\xi q_\xi^i \varphi_\xi(k)$ et $\Pi_i(k) = \sum_\xi p_\xi^i \varphi_\xi^*(k)$ où $[q_\xi^i, p_{\xi'}^{i'}] = i\delta_{ii'}\delta_{\xi\xi'}$ et les $\varphi_\xi(k)$ forment un système complet et orthonormé de fonctions propres solution de l'équation

$$(4)\qquad [\xi - \omega^2(k)]\,\varphi_\xi(k) = \lambda\sum_s \int d^3k'\,e^{i\vec{k'}.\vec{x}_s}\varphi_\xi(k').$$

L'hamiltonien H s'écrit alors

$$(5)\qquad H = \sum_\xi \{|p_\xi^i|^2 + \xi\,|q_\xi^i|^2\} + \lambda'\sum_s \tau_i^{(s)} q_\xi^i\,i\vec{\sigma}^{(s)}\int d^3k'\,\vec{k'}\,\varphi_\xi(k')\,e^{i\vec{k'}.\vec{x}_s}.$$

---

(2) F. J. Dyson, *Phys. Rev.*, 73, 1948, p. 929; Berger, Foldy et Osborn, *Phys. Rev.*, 87, 1952, p. 1061.

(3) *H. P. A.*, 15, 1949, II et *Phys. Rev.* 91, 1053, p. 1573.

Le premier terme de (5) donne par la méthode due à Wentzel le potentiel V_a. En effectuant une transformation unitaire classique, on déduit aisément du second terme l'hamiltonien de perturbation, au second ordre (en λ'), duquel on tire les potentiels V_b et V_c. Les expressions à calculer font intervenir la fonction de Green $G(k, k') = \sum_\xi \xi^{-1} \varphi_\xi(k) \varphi_\xi^*(k')$ qui s'obtient rigoureusement comme solution de l'équation inhomogène associée à (4). Dans le cas de deux nucléons, en posant $x = \mu \left| \vec{x}_1 - \vec{x}_2 \right|$ et en supposant $x \gg (\mu/A)$ (A, moment correspondant à la coupure dans les intégrales divergentes), on trouve [4] :

$$V_a = -\frac{3\mu}{4\pi}\int_0^\infty \frac{k\,dk}{\sqrt{1+k^2}} \operatorname{arc\,tg} \frac{4\alpha^2 \sin 2kx}{x^2\left(1+2\alpha\frac{A}{\mu}\right)^2 - 4\alpha^2 \cos 2kx},$$

$$V_b = 6\mu\left(\frac{\mu}{2M}\right)\frac{x^2\left(1+2\alpha\frac{A}{\mu}\right)}{x^2\left(1+2\alpha\frac{A}{\mu}\right)^2 - 4\alpha^2 e^{-2x}}\left(1+\frac{1}{x}\right)^2 e^{-2x},$$

$$V_c = \frac{4}{3}\mu\left(\frac{\mu}{2M}\right)\frac{x^3\left(\vec{\tau}^{1}.\vec{\tau}^{2}\right)\left(\vec{\sigma}^{1}.\vec{\sigma}^{2} + S^{12}\right)}{x^2\left(1+2\alpha\frac{A}{\mu}\right)^2 - 4\alpha^2 e^{-2x}}\left(1+\frac{1}{x}\right)^2 \frac{e^{-3x}}{x}, \qquad \text{où} \quad \alpha = \frac{g^2}{4\pi}\frac{\mu}{2M}.$$

Sous réserve que $x > x_c$, x_c étant défini par $x_c e^{x_c} = 2\alpha(1+2\alpha A/\mu)^{-1}$, les expressions ci-dessus peuvent être développées en séries convergentes dont les termes correspondent aux potentiels statiques des divers ordres associés aux diagrammes des types *a*, *b* et *c* dans la méthode de perturbation. Les potentiels multiples se calculent aisément par le même procédé, qui sera discuté d'une manière plus détaillée dans une autre publication.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Construction d'une solution à singularité mobile de l'équation* $\Delta u = (1/c^2)(\partial^2 u/\partial t^2) = 0$. Note de M. **Francis Fer**, présentée par M. Louis de Broglie.

On donne la construction d'une solution de l'équation $\square u = 0$ comportant une singularité linéaire mobile, dont la trajectoire obéit à la formule du guidage de M. L. de Broglie, ce qui montre la possibilité de telles solutions.

La théorie de la double solution d'une équation d'onde, telle qu'elle a été proposée par MM. L. de Broglie [1] et J.-P. Vigier [2] postule l'existence de

---

(4) Il faut ajouter à V_c le potentiel classique, en $(g^2/4\pi)(\mu/2M)^2$ de la théorie pseudovectorielle.

(1) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 641 et 1013; 234, 1952, p. 265; 236, 1953, p. 1453.
(2) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1187; 233, 1951, p. 1010.

solutions singulières (à singularité mobile), liées à la solution régulière par des relations convenables. Ce qui suit démontre, sur l'équation la plus simple $\square u = 0$, l'existence de telles solutions par leur construction effective. La solution proposée comporte un arc de courbe (limité) singulier mobile, qui n'a sans doute pas en soi grande signification physique, la représentation d'un corpuscule et de ses propriétés par une singularité dans une onde n'étant adéquate qu'à une distance minima de cette singularité. Il va de soi d'autre part que cette solution peut ne pas être la plus générale que l'on recherche dans le problème de la double solution; elle représente une possibilité.

Donnons-nous : une trajectoire arbitraire C décrite par un point A en fonction (régulière) du temps θ avec une vitesse v comprise entre $\alpha > 0$ et $\varpi < c$; deux fonctions $\mu(\xi)$ et $\omega(\theta)$ complexes et régulières, et assujetties en outre : pour $\mu(\xi)$ à être nulle en dehors de l'intervalle $(0, \chi > 0)$ et à vérifier les relations $\mu(0) = (d\mu/d\xi)_0 = 0$; pour $\omega(\theta)$ à être bornée.

Il suffit alors de considérer le potentiel :

$$u(\mathrm{M}, t) = \int_{-\infty}^{\tau} \omega(\theta) \frac{\mu[c(t-\theta) - r]}{r} d\theta,$$

où $r = \mathrm{AM}$, et τ est la valeur (unique) de θ pour laquelle on a :

$$c(t-\tau) - r(\tau) = 0.$$

Si l'on cherche une interprétation physique de cette intégrale, on pourra considérer μ comme un signal émis, de façon renouvelée, par le point mobile A, et ω comme une propriété propagée par ce signal. On en a une confirmation en prenant par exemple pour ω la masse e de l'électron et pour $\mu(\xi)$ la fonction de Dirac : u est alors le potentiel de Liénard-Wiechert de l'électron en mouvement.

Les propriétés de ce potentiel u sont les suivantes :

1° Il vérifie l'équation $\Delta u - (1/c^2)(\partial^2 u/\partial t^2) = 0$.

2° $u(\mathrm{M}, t)$ est régulier à tout instant t dans tout l'espace sauf sur un arc Γ de la trajectoire défini par l'intervalle $[t - (\chi/c), t]$ de θ. Cet arc singulier est donc mobile avec la vitesse v sur la trajectoire C.

3° Si l'on désigne par f et s l'amplitude et la phase du potentiel $u = f e^{(2\pi i/h)s}$, la singularité existant sur Γ ne concerne que l'amplitude et ses dérivées premières qui deviennent infinies sur Γ; au contraire la phase et ses dérivées premières restent finies et continues au passage par Γ. Ces conclusions s'obtiennent en calculant les parties principales de u et de ses dérivées au voisinage de Γ, les valeurs de s et de ses dérivées s'obtenant par le rapport de ces parties principales.

4° Le même calcul permet de constater que, à un instant donné, on a, en

tout point de Γ

$$v = k \overline{\text{grad}\, s}$$

s étant pris bien entendu au même instant t.

Il est possible de donner au coefficient k la valeur $-c^2/(\partial s/\partial t)$ en tête de la singularité, c'est-à-dire d'obéir en ce point à la formule du guidage de M. L. de Broglie, en particularisant un peu la fonction ω $\left[\text{si } \sigma \text{ et } \varepsilon \text{ sont les phases respectives de } \omega \text{ et } \mu, \text{ on devra avoir } d\sigma/dt = c[1-(v^2/c^2)](d\varepsilon/d\xi)_0\right]$.

Ce dernier résultat n'est valable, dans le cas d'une trajectoire périodique, qu'à la condition que la période soit supérieure à χ/c.

5° Le comportement de u à l'infini est différent du comportement habituel des potentiels. En effet, à un instant donné, u tend vers zéro comme $1/R$, R étant la distance à un point fixe arbitraire; mais, d'une part il en est de même de dérivées premières de u (qui ne tendent pas vers zéro comme $1/R^2$), d'autre part la convergence vers zéro n'est pas uniforme par rapport à t.

On peut même préciser comment cette convergence dépend de t par le théorème suivant : *si l'on considère la moyenne* J *de la quantité* Ru *sur une sphère de centre* O *arbitraire et de rayon* R *très grand et qu'on fasse* $R = ct +$ const., *on a* $dJ/dt = 0$, *d/dt désignant comme d'habitude la dérivée totale par rapport à t.*

Les considérations qui précèdent restent encore valables lorsque la vitesse v sur la trajectoire peut atteindre la vitesse c, à condition qu'on impose à $\omega(\theta)$, en outre, de satisfaire à la convergence de l'intégrale $\int_{-\infty}^{+\infty} |\omega(\theta)|\, d\theta$.

On peut remplacer dans ce qui précède le point mobile A par une surface fermée mobile, et le potentiel ponctuel par un potentiel de surface. Du point de vue analytique les singularités proprement dites disparaissent; du point de vue physique subsiste une « quasi-singularité ». Il est à remarquer que, même dans ce cas, on ne peut développer la fonction $u(xyzt)$ en intégrale de la forme $\int_0^\infty \varphi(xyz, \nu)\, e^{i\nu t} d\nu$, du moins si l'on impose à φ d'être continue en ν; une telle intégrale tend en effet vers zéro avec $1/t$ de manière indépendante de xyz, alors que la fonction u ne tend vers zéro avec $1/t$ que si (xyz) ne décrit pas la trajectoire C.

Si, revenant au schéma ponctuel, on considère un ensemble de points A_n décrivant chacun une trajectoire particulière C_n, et les fonctions u_n correspondantes, on voit sans difficultés que la fonction $u = \Sigma u_n$ possède les propriétés énumérées de 1 à 5.

Un tel ensemble de singularités mobiles peut être raccordé à une solution régulière, ce que nous exposerons dans un travail ultérieur.

ACOUSTIQUE. — *Sur la vitesse de vibration de cordes filées sur boyau.* Note (*) de M. **Benjamin Bladier**, présentée par M. Jean Cabannes.

On a étudié la vitesse de la vibration mécanique d'une trentaine de cordes en boyau filées d'un trait de métal (ut$_1$ de violoncelle accordé sur 66 Hz). La corde d'une longueur utile de 704 mm entre chevalet (1) et sillet, est excitée par un archet circulaire en ébonite de 600 mm de circonférence et de 12 mm d'épaisseur. Cet archet, très bien rectifié et colophané en permanence, attaque perpendiculairement la corde à 25 mm du chevalet. La vitesse de l'archet, environ 140 mm/s, et sa pression ont été réglées de manière à obtenir au milieu de la corde une amplitude de la vibration, correspondant à la nuance *fortissimo* obtenue sur l'instrument, soit 10 à 12 mm.

Pour obtenir la vitesse de déplacement d'une part, pour ne pas perturber le mode de vibration d'autre part, et enfin contrôler nos résultats d'expériences, nous avons utilisé deux méthodes différentes : l'une utilisant les variations de capacité, l'autre les courants induits dans la corde se déplaçant dans un champ magnétique. Les diagrammes de la vitesse, obtenus avec ces deux méthodes, sont semblables.

Si l'on enregistre l'élongation d'un point pris au milieu de la partie vibrante de la corde, on obtient le diagramme (*fig.* 1 A-B-C) qui confirme les travaux de Helmholtz (2), E. Charron (3) et H. Bouasse (4) qui signalent sur ces diagrammes de petites dentelures, peu apparentes sur notre propre tracé A-B-C.

Toutefois, le relevé de la vitesse de vibration, au même point *milieu* de la corde (*fig.* 1, α, α', β, β', γ, γ') permet, en augmentant la précision de l'analyse et en mettant en valeur les harmoniques supérieurs, de faire les remarques suivantes :

1° La répartition des vitesses n'est pas uniforme; les dentelures, ici très nettement mises en évidence, de la partie $\alpha'\beta$ ne sont pas identiques à celles de la partie $\beta'\gamma$; par suite, les parties AB et BC ne sont donc pas exactement des segments de droites, et AB n'est pas identique à BC.

2° La concavité tournée vers le bas, en A correspondant à $\alpha\alpha'$, n'est pas semblable à la concavité tournée vers le haut en B correspondant à $\beta\beta'$.

3° La corde, quel que soit le sens de mouvement de l'archet, se comporte

(*) Séance du 18 janvier 1954.

(1) Pour conserver plus pur le mouvement de la corde, nous avons utilisé un chevalet en plomb massif de 9,6 kg. Si l'on remplace ce dernier par un véritable chevalet de violoncelle, les diagrammes obtenus restent sensiblement les mêmes. Les chevalets sont disposés sur un bloc de ciment et non sur une boîte de résonance.

(2) *Théorie physiologique de la musique*, V. Masson, 1868, p. 113.

(3) *Théorie de l'archet. Thèse*, Gauthier-Villars, 1916, p. 51.

(4) *Cordes et membranes*, Delagrave, 1926, p. 243.

d'une façon différente selon qu'elle est accrochée par l'archet (Ac, α', β, De) ou qu'elle se décroche (De, β', γ, Ac'). Si l'on inverse le sens de mouvement de l'archet, les phénomènes, vibration et vitesse en un point donné, subissent un

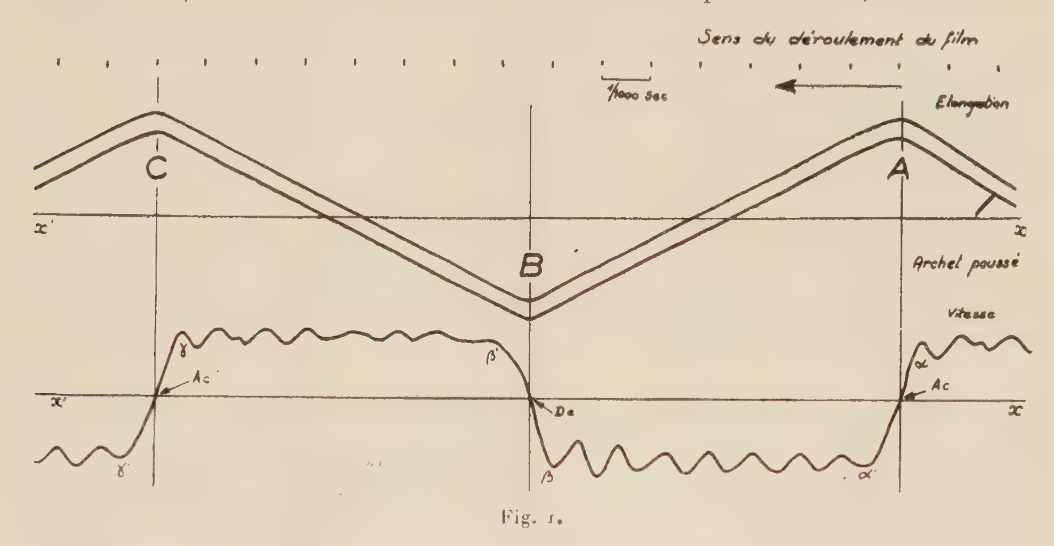


Fig. 1.

retournement de 180° autour de leur axe xx'; on note cependant de légères modifications sur le diagramme de la vitesse, mais toutes les remarques précédentes, relatives à archet poussé, restent valables pour archet tiré.

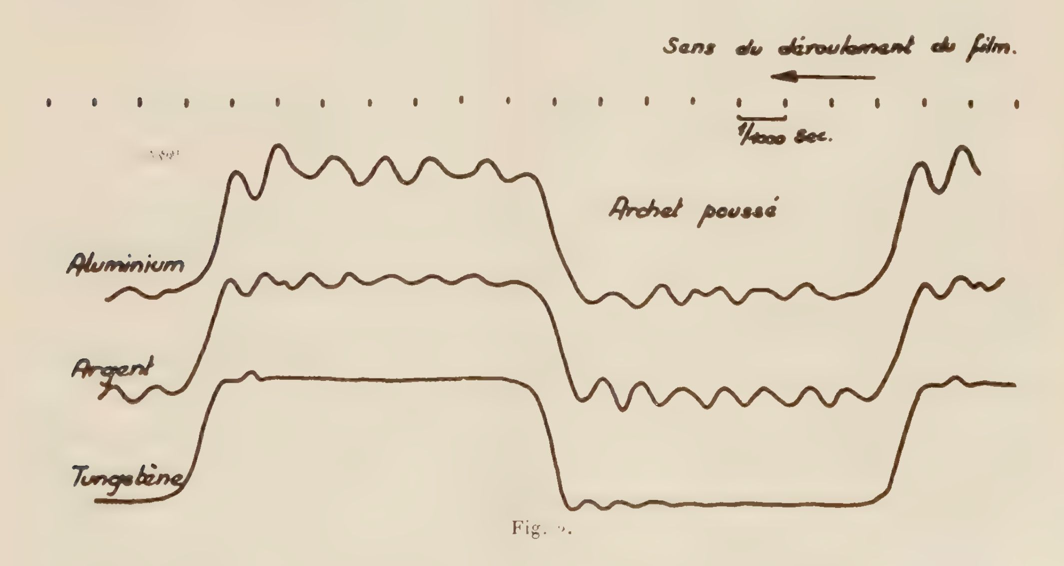


Fig. 2.

4° Entre autres paramètres et en première approximation, le nombre, la forme et l'amplitude des dentelures dépendent des caractéristiques physiques de la corde (âme, sous-filage, filage). Les diagrammes de la vitesse (*fig.* 2), sont relatifs à des cordes filées avec un trait d'aluminium, d'argent et de tungstène; elles pèsent respectivement 5, 11 et 22 g.

On remarque que l'amplitude des dentelures paraît d'autant plus grande que la densité du métal utilisé est plus petite. Inversement, leur nombre paraît d'autant plus grand que la densité du métal est plus grande.

5° On note une modification des dentelures lorsque l'on fait varier la distance entre le chevalet et l'archet.

6° Enfin, perpendiculairement au plan de vibration de la corde, on peut enregistrer une vibration bien qu'imperceptible à l'œil nu. La corde ne vibre donc pas dans un seul plan.

MAGNÉTISME. — *Détection de la résonance paramagnétique dans le verre irradié.* Note de MM. **Jean Combrisson** et **Jean Uebersfeld**, présentée par M. Francis Perrin.

On sait [1] que l'étude de la résonance paramagnétique se ramène généralement à celle de l'absorption d'ondes de haute fréquence par des substances paramagnétiques soumises à des champs magnétiques continus.

Des montages plus ou moins complexes ont été décrits [2] par divers auteurs

Nous avons mis au point et utilisé un montage simple et très sensible déjà décrit par l'un de nous [3]

La fréquence des ondes est voisine de 9 000 MHz. La méthode est une méthode de zéro (on utilise un té magique équilibré) Le détecteur est un simple détecteur à cristal

La grande sensibilité du montage est obtenue par l'emploi d'une cavité résonante à grand coefficient de surtension (mode TE_{011}) Un système de modulation à 50 périodes du champ magnétique continu permet d'observer directement à l'oscillographe les courbes de résonance

Application au verre irradié — Il a été constaté souvent que l'irradiation (aux rayons γ ou aux neutrons) de certains verres s'accompagne d'un brunissement de ces derniers

Nous avons pensé qu'il pouvait être intéressant de rechercher s'il n'y avait pas simultanément une modification des propriétés magnétiques

Le verre utilisé est normalement diamagnétique. La méthode de résonance qui permet de détecter les centres paramagnétiques dans un milieu diamagnétique apparaît donc comme la méthode de choix pour l'étude de ce problème.

Nous avons pu observer effectivement la courbe de résonance d'un échantillon de verre bruni par irradiation (10^{15} n/cm^2 en neutrons ther-

---

(1) J. Uebersfeld et J. Combrisson, *J. Phys. Rad.*, 14, 1953, p. 104.

(2) J. Combrisson et J. Uebersfeld, *J. Phys. Rad.*, 14, 1953, p. 724.

(3) J. Uebersfeld, *J. Phys. Rad.*, 15, 1954, p. 126.

miques, et rayons γ) à la pile atomique de Châtillon [4]. Un échantillon identique non irradié ne donne aucun résultat. L'expérience de résonance effectuée deux mois après l'irradiation nous donne en quelque sorte un « paramagnétisme limite ».

L'intensité de la résonance est comparable (pour 1 g de verre irradié) à celle de quelques dixièmes de milligramme de diphénylpicrylhydrazil, toutes choses égales par ailleurs. La largeur de la courbe est d'environ 30 Oe (largeur à 3 db). Le facteur de Landé est voisin de 2.

La théorie du phénomène semble difficile à établir. Il peut s'agir soit de la libération d'atomes de métal alcalin, soit de la formation de centres paramagnétiques (trous d'électrons par arrachement par exemple), soit enfin de l'apparition de radicaux libres. Nous poursuivons nos recherches pour préciser la nature de ce phénomène.

En tous cas nous avons observé le fait fondamental suivant : un chauffage de quelques secondes à 150° environ fait disparaître simultanément la coloration brune et le paramagnétisme.

Les expériences précédentes nous autorisent à considérer la méthode de la résonance paramagnétique comme une méthode de dosage des rayonnements dans la matière solide ou les tissus.

SPECTROSCOPIE MOLÉCULAIRE. — *Élimination de la vapeur d'eau à l'intérieur d'un spectrographe pour l'infrarouge lointain et spectre de l'alcool méthylique.* Note de M. **Armand Hadni**, présentée par M. Jean Cabannes.

Équipé d'une thermopile à fenêtre en ICs, le spectrographe enregistreur à réseau, que nous avons décrit précédemment [1], devait, en principe, nous permettre d'atteindre les grandes longueurs d'ondes jusqu'à 50 μ environ. En fait l'absorption de la vapeur d'eau, déjà gênante jusqu'à 30 μ (*fig.* 1, courbe *a*), devient de plus en plus intense au delà et rend pratiquement toute étude impossible. La figure 2, courbe *a*, montre que l'absorption coupe complètement le rayonnement sur des domaines s'étendant parfois sur plus de 1 μ.

Nous avons enfermé toute l'optique de l'appareil dans un caisson étanche en aluminium. Il est percé d'une ouverture par laquelle nous envoyons un courant continu d'air soigneusement desséché par barbotage dans SO_4H_2 et par passage dans trois tubes successifs, contenant respectivement de la ponce sulfurique, du P_2O_5 et du ClO_4Mg. L'air sec circule dans l'appareil et, par une ouverture diamétralement opposée à la première, pénètre dans un flacon

---

[4] Commissariat à l'Énergie Atomique.

[1] A. Hadni, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1761.

laveur à SO_4H_2 d'où il s'échappe dans l'atmosphère. Nous maintenons ainsi dans l'appareil une surpression constante de l'ordre de 1 mm de mercure. Le débit est de l'ordre de 1,5 l/mn. Les courbes *b* des figures 1 et 2 représentent les enregistrements obtenus après 60 h de desséchage. En supposant la loi de Beer applicable aux diverses bandes, on trouve que la concentration en vapeur

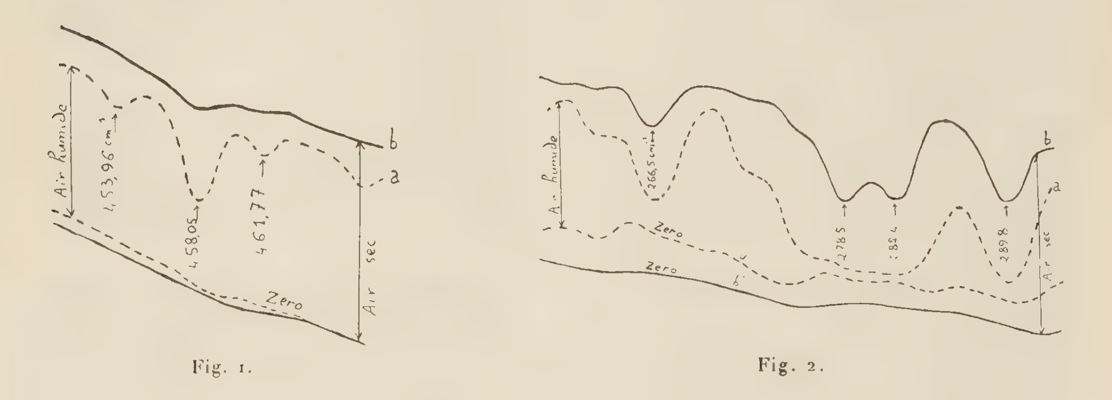


Fig. 1. Fig. 2.

d'eau est alors divisée par environ 10. Sur la figure 1, correspondant à la région de 25 μ, les bandes disparaissent presque complètement. Sur la figure 2, correspondant à la région de 39 μ où l'absorption de la vapeur d'eau est considérable, les bandes persistent encore, mais elles sont beaucoup moins intenses. Les élongations sont multipliées par un facteur qui dépasse souvent 10 dans les régions d'absorption. Il y a alors assez d'énergie dans tout le spectre pour qu'on puisse interposer une cuve et faire des mesures de transmission.

On remarque, sur les deux figures, que l'on récupère de l'énergie non seulement dans les bandes d'absorption mais aussi dans les régions de transparence relative où le gain est encore de l'ordre de 15 %. Cela met en évidence une absorption générale venant se superposer aux bandes de la vapeur d'eau. Il est probable que, pour des trajets un peu supérieurs à celui de notre appareil (6 m), les fenêtres de transparence de l'atmosphère disparaîtraient complètement. En continuant à dessécher, les bandes d'absorption diminuent encore mais très lentement.

Dans ces conditions, nous avons étudié le spectre de CH_3OH de 20 à 43 μ. De l'air saturé de vapeur d'alcool et desséché par passage sur SO_4Cu anhydre est envoyé dans une cuve à fenêtres de polythène située dans le spectrographe. Nous avons ainsi obtenu le premier spectre de 20 à 26 μ. Pour le deuxième et surtout le dernier, il a fallu diluer la vapeur dans beaucoup d'air sec sinon l'absorption est totale de 30 à 43 μ. Le premier spectre avait déjà été étudié par Barker : l'accord est satisfaisant (2); les deux autres sont inédits. L'absorp-

(2) A. Borden et E. F. Barker, *J. Chem. Phys.*, 6, 1938, p. 553.

tion est considérable de 285,4 à 249 cm^{-1} et il semble qu'elle atteigne son maximum en ce dernier point. C'est là sans doute qu'il faudrait situer l'oscillation de torsion du groupement OH. Ce nombre d'ondes et l'ensemble du spectre infrarouge observé pourraient servir à vérifier les données récentes de

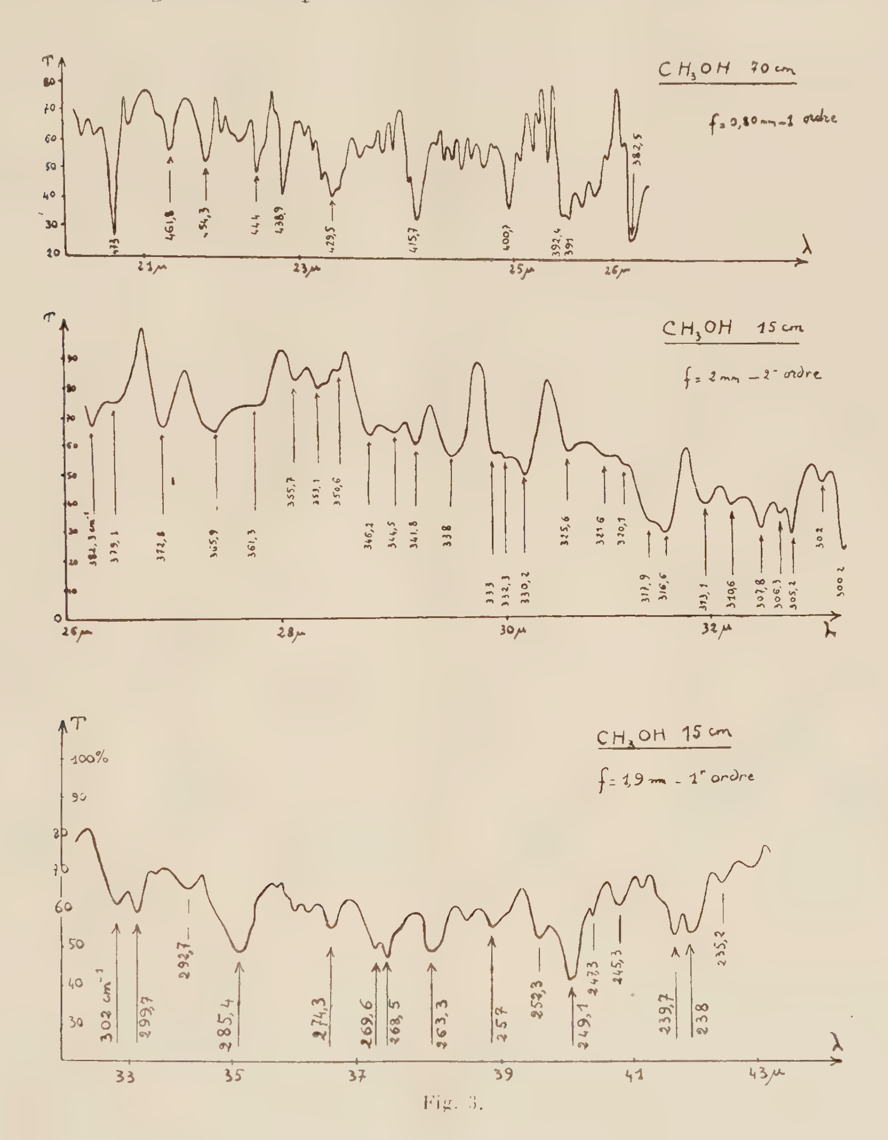


Fig. 3.

E. V. Ivash et D. M. Dennison ([3]) obtenues à partir du spectre ultra-hertzien, en particulier la valeur qu'ils attribuent à la barrière de potentiel empêchant la libre rotation (H = 374,8 cm^{-1}). Mais jusqu'à présent, les calculs semblent extrêmement pénibles.

([3]) *J. Chem. Phys.*, 21, 1953, p. 1804.

OPTIQUE CRISTALLINE. — *Spectre Raman et orientation des molécules d'eau dans les cristaux d'acide oxalique dihydraté.* Note de Mlle **Annette Weil**, présentée par M. Jean Cabannes.

Le spectre de Raman permet de choisir entre diverses hypothèses sur l'orientation de la molécule d'eau.

L'étude du spectre Raman d'un monocristal d'acide oxalique $C_2O_4H_2$, $2H_2O$ a montré que les raies suivantes ($\Delta\nu$ en cm^{-1}, type d'après Placzek) sont attribuables aux vibrations de valence ν_1 et ν_3 de H_2O, ν_4 du groupe OH acide, et à la vibration de déformation ν_2 de H_2O : 1635 (Ag + Bg); 3429 (Ag); 3440 (Bg); 3489 (Ag + Bg); 3507 (Bg).

La figure montre, en projection sur le plan *b* (010), les deux dispositions possibles de H_2O et de OH en admettant que les liaisons par hydrogène se font suivant les plus courtes distances déterminées par les rayons X, qui séparent les atomes d'oxygène (¹), et en tenant compte de la localisation de la liaison C=O (²).

En supposant que les molécules d'eau sont peu déformées, on peut leur attribuer un tenseur de polarisabilité dérivé suivant la méthode proposée par Chapelle et Galy (³).

La structure I conduit à $\widehat{HOH} = 97°$ et aux coefficients de tenseur suivants : pour ν_1 : $\varepsilon_{uu} = 0{,}48$; $\varepsilon_{vv} = 0{,}56$; $\varepsilon_{ww} = 0{,}19$; et pour ν_3 : $\varepsilon_{uv} = 0{,}33$ ($\vec{u}$, étant la

(¹) R. Brill, C. Hermann et Cl. Peters, *Nature*, 27, 1939, p. 677; *Ann. Physik*, 42, 1942, 1943, p. 357.

(²) L. Couture-Mathieu et L. Bardet, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 931.

(³) *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1653.

bissectrice intérieure de $\widehat{HOH}$, $\vec{v}$, la bissectrice extérieure et $\vec{w}$, la perpendiculaire à $\vec{u}$ et à $\vec{v}$).

La structure II conduit à $\widehat{HOH} = 120°$ et aux coefficients de tenseur suivants : pour ν_1 : $\varepsilon_{uu} = 0,36$; $\varepsilon_{vv} = 0,70$; $\varepsilon_{ww} = 0,19$; pour ν_3 : $\varepsilon_{uv} = 0,29$.

Dans les deux cas, pour ν_2 : $\varepsilon_{uu} = -\varepsilon_{vv}$; $\varepsilon_{ww} \simeq 0$; pour ν_4 : $\varepsilon_{uu} = \varepsilon_{vv} = b = 0,1$ et $\varepsilon_{ww} = a = 0,43$.

Le tableau suivant permet de comparer les intensités relatives des raies observées avec celles que donnent les tenseurs théoriques rapportés aux axes OX, OY, OZ de l'ellipsoïde des indices, OZ étant l'axe binaire.

Résultats théoriques. Hypothèse I.			Résultats théoriques. Hypothèse II.			Résultats expérimentaux.	
ν_4	Ag	$\varepsilon^2_{YY} > \varepsilon^2_{XX} > \varepsilon^2_{ZZ} > \varepsilon^2_{XY}$ $15 > 6 > 1 > 0$	ν_1	Ag	$\varepsilon^2_{YY} > \varepsilon^2_{XX} > \varepsilon^2_{ZZ} > \varepsilon^2_{XY}$ $63 > 20 > 5 > 0$	3429 Ag	$\varepsilon^2_{XX} \simeq \varepsilon^2_{YY} > \varepsilon^2_{ZZ} > \varepsilon^2_{XY}$ $70 \simeq 68 > 27 > 14$
	Bg	$\varepsilon^2_{ZY} \simeq \varepsilon^2_{ZX}$ $0,7 \simeq 0,3$		Bg	$\varepsilon^2_{ZY} > \varepsilon^2_{ZX}$ $2 > 0,2$	3440 Bg	$\varepsilon^2_{ZY} \simeq \varepsilon^2_{ZX}$ $8 \simeq 7$
ν_1	Ag	$\varepsilon^2_{ZZ} \gg \varepsilon^2_{XX} \simeq \varepsilon^2_{YY} > \varepsilon^2_{XY}$ $126 \gg 35 \simeq 39 > 0,6$	ν_4	Ag	$\varepsilon^2_{XX} > \varepsilon^2_{ZZ} > \varepsilon^2_{YY} > \varepsilon^2_{XY}$ $24 > 2,9 > 1,8 > 0,16$	3489 Ag	$\varepsilon^2_{XX} > \varepsilon^2_{ZZ} > \varepsilon^2_{XY} > \varepsilon^2_{YY}$ $58 > 32 > 18 > 0$
	Bg	$\varepsilon^2_{ZX} > \varepsilon^2_{YZ}$ $15 > 2$		Bg	$\varepsilon^2_{ZX} \gg \varepsilon^2_{YZ}$ $1,6 \gg 0,016$	3489 Bg	$\varepsilon^2_{ZX} > \varepsilon^2_{YZ}$ $7 > 1$
ν_3	Ag	$\varepsilon^2_{XY} > \varepsilon^2_{YY} > \varepsilon^2_{XX} > \varepsilon^2_{ZZ}$ $11 > 3 > 1 > 0$	ν_3	Ag	tous les coefficients nuls	Ag	absente
	Bg	$\varepsilon^2_{YZ} > \varepsilon^2_{ZX}$ $4,7 > 0,15$		Bg	$\varepsilon^2_{ZX} \gg \varepsilon^2_{YZ}$ $12 \gg 0$	3507 Bg	$\varepsilon^2_{ZX} \gg \varepsilon^2_{YZ}$ $16 \gg 0$
ν_2	Ag	$\varepsilon^2_{YY} > \varepsilon^2_{XX} > \varepsilon^2_{XY} > \varepsilon^2_{ZZ}$ $12,5 > 7,6 > 1,8 > 0,6$	ν_2	Ag	$\varepsilon^2_{XX} \simeq \varepsilon^2_{YY} \gg \varepsilon^2_{XY} > \varepsilon^2_{ZZ}$ $16 \simeq 14 \gg 0,28 > 0$	1635 Ag	$\varepsilon^2_{XX} \simeq \varepsilon^2_{YY} > \varepsilon^2_{ZZ} \simeq \varepsilon^2_{XY}$ moyens > très faibles
	Bg	$\varepsilon^2_{ZX} > \varepsilon^2_{YZ}$ $3,1 > 0,1$		Bg	$\varepsilon^2_{YZ} > \varepsilon^2_{ZX}$ $0,95 > 0,05$	1635 Bg	$\varepsilon^2_{YZ} \simeq \varepsilon^2_{ZX} \simeq 0$

La structure I est celle de Itoh et de ses collaborateurs (4) obtenue par la méthode de résonance nucléaire. Mais on voit que seule l'hypothèse de la structure II conduit à des coefficients de tenseur compatibles avec l'expérience (5). On peut attribuer la vibration symétrique ν_1 de H_2O à l'ensemble 3 429 (Ag) — 3 440 (Bg) cm^{-1}, la vibration antisymétrique ν_3 à la raie 3 507 cm^{-1} (Bg). Ceci s'accorde avec l'attribution généralement faite à ν_3

(4) J. Itoh, R. Kusaka, R. Kiriyama et S. Yabumoto, *J. Chem. Phys., U. S. A.*, 21, n° 10, 1953, p. 1895.

(5) Marignan (*Bull. Soc. Chim. Fr.*, M. 63, 1948, p. 351) avait proposé une disposition des atomes qui se rapproche du schéma II par l'orientation des molécules d'eau, mais il était parti d'un emplacement inexact pour la liaison C=O et d'un tenseur de polarisabilité erroné pour la molécule d'eau (J. Cabannes, L. Couture et J.-P. Mathieu, *J. Chim. Phys.*, 50, 1953, p. C 89).

de la fréquence la plus élevée. Dans cette hypothèse, on peut attribuer le doublet 3 489 cm^{-1} (Ag + Bg) à la vibration ν_4 de l'OH acide. Comme cet hydroxyle ne forme pas de liaison hydrogène avec O, il est très vraisemblable que le couplage dans le cristal ne donne pas lieu à une différence de fréquences appréciable.

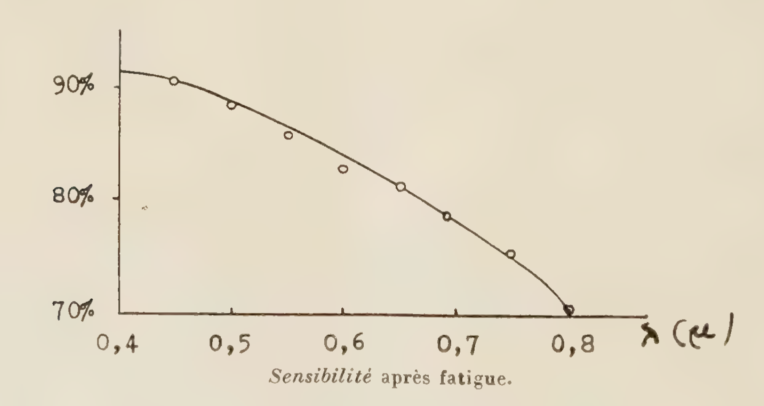
Au contraire, un des hydroxyles de H_2O forme une liaison hydrogène avec O, rendant la molécule d'eau très dissymétrique. Le couplage peut donner lieu à une différence de fréquences appréciable (11 cm^{-1}). Cette remarque est en faveur de la structure proposée.

Enfin, le doublet 1635 cm^{-1} (Ag + Bg) est attribuable à la vibration de déformation ν_2 de l'eau, pour laquelle seule la raie Ag a des coefficients importants.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Modifications de la courbe de réponse spectrale d'une photopile sous l'influence d'une fatigue lumineuse.* Note (*) de M. **Georges Blet**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Au moyen d'un montage oscillographique, il est possible de relever en quelques secondes la courbe de réponse spectrale d'une photopile.

Nous avons fait cet enregistrement au temps $t = 0$, puis la cellule a été fatiguée par un éclairement monochromatique E_λ jusqu'à l'instant $t = 1$ h. A cet instant un second enregistrement a été pris. D'autres ont suivi de quart d'heure en quart d'heure.



Sensibilité après fatigue.

Les constatations suivantes ont été faites :

1° Toutes les ordonnées de la courbe de réponse sont diminuées par la fatigue sans qu'aucun phénomène particulier n'apparaisse au voisinage de la longueur d'onde λ de la lumière excitatrice.

(*) Séance du 25 janvier 1954.

2° Le phénomène de fatigue semble au premier abord indépendant de la longueur d'onde de la lumière excitatrice.

3° La fatigue est d'autant plus marquée que l'on envisage la réponse spectrale pour des longueurs d'onde plus grandes.

4° La récupération de l'état initial se fait lentement et dépend naturellement de l'énergie d'excitation reçue.

La courbe de fatigue spectrale est donnée sur la figure ci-dessous.

Les deux courbes obtenues avec des lumières excitatrices de longueurs d'onde $\lambda = 0{,}5461\,\mu$ et $\lambda = 0{,}4358\,\mu$ sont confondues à la précision des mesures.

Il semblerait donc que la fatigue soit indépendante de l'énergie individuelle de chaque photon, mais ne dépende que de l'énergie reçue, quelle que soit d'ailleurs la sensibilité de la surface pour la radiation incidente.

PHOSPHORESCENCE. — *Sur le modèle hydrogénoïde des pièges (modèle de Bethe).* Note de M. **Daniel Curie**, présentée par M. Jean Cabannes.

Discussion du modèle de Bethe décrivant les niveaux électroniques localisés dans un cristal : électron gravitant autour d'une charge $+\varepsilon$. Interprétation de la constante diélectrique « effective ». Expression de l'énergie d'ionisation optique et de l'énergie d'ionisation thermique.

1. Selon le modèle de Bethe ([1]), un électron localisé décrit dans un cristal une orbite de Bohr autour d'un ion positif intersticiel. On admet usuellement que l'électron se meut dans le champ $\varepsilon/K_e r^2$, K_e étant une constante diélectrique « effective » ([2]) intermédiaire entre les constantes diélectriques K en champs statiques et K_0 en haute fréquence. La première orbite a pour rayon $a = K_e a_0$ ($a_0 = 0{,}53\,\text{Å}$), et son énergie est donnée par l'expression de Bohr $-(R/K_e^2)$ ($R = 13{,}5\,\text{eV}$), valeur qu'on identifie à la profondeur du niveau au-dessous de la bande de conductibilité.

2. Cependant l'introduction de K_e au lieu de K n'est qu'une manière approchée de tenir compte de la polarisation du milieu cristallin due à l'électron gravitant. Le modèle hydrogénoïde a été repris de façon plus rigoureuse par Simpson, puis Lehovec, qui ont effectué des calculs de champ self consistent ([3]). J'ai cherché à interpréter leurs résultats en y introduisant la notion de constante diélectrique effective : j'ai constaté qu'il convenait de

---

(1) H. A. Bethe, *R. L. Report*, 43-12, 1942. *Voir* pour l'application aux pièges, D. Curie *J. Phys. Rad.*, 12, 1951, p. 924.

(2) N. F. Mott et R. W. Gurney, *Electronic processes in ionic crystals*, Oxford 1950, p. 12, 83, 85, 162 et 166.

(3) J. H. Simpson, *Proc. Roy. Soc.*, A 197, 1949, p. 269; K. Lehovec, *Phys. Rev.*, 92, 1953, p. 253.

préciser cette notion, mais ceci fait l'on peut retrouver des résultats très voisins de ceux fournis par la méthode du champ self-consistent, par une méthode moins rigoureuse mais plus intuitive.

Je pars, comme Simpson, de l'expression établie par Mott ([2]) du champ à la distance r de l'ion positif, compte tenu de la polarisation du milieu provoquée par l'électron sur son orbite

$$E(r) = \frac{\varepsilon}{K r^2}[1 - p(r)] + \frac{\varepsilon}{K_0 r^2} p(r),$$

$$p(r) = \int_0^r \psi^* \psi \, d\tau,$$

Le calcul, fait pour ψ hydrogénoïde

$$\psi = \frac{1}{\sqrt{\pi a^3}} e^{-\frac{r}{a}}$$

donne un champ $E(r)$ qui n'est pas dans tout l'espace de la forme $\varepsilon/K_e r^2$ admise dans le modèle usuel (§ 1). Je définis cependant une constante diélectrique effective en posant *dans la région traversée par l'orbite*

$$E(a) = \frac{\varepsilon}{K_e a^2}$$

Ceci fournit K_e

(1) $$\frac{1}{K_e} = \frac{1}{K_0} - \left(\frac{1}{K_0} - \frac{1}{K}\right) 5\, e^{-2}.$$

L'équivalent (intuitif mais non rigoureux) de la méthode du champ self-consistent consiste à choisir

(2) $$a = K_e\, a_0.$$

Ce résultat diffère de celui de Simpson et Lehovec, qui s'interprète en posant dans (2)

(3) $$\frac{1}{K_e} = \frac{1}{K_0} - \left(\frac{1}{K_0} - \frac{1}{K}\right) \frac{11}{16}$$

mais la différence entre (1) et (3) est inférieure aux erreurs expérimentales sur K et K_0

$$5\, e^{-2} = 0,677, \qquad \frac{11}{16} = 0,687.$$

3. Le champ $E(r)$ n'étant pas coulombien, l'énergie du niveau :

$$-W = \int \psi^* H \psi \, d\tau$$

(où H est l'hamiltonien de l'électron dans le potentiel d'où dérive ce champ) n'est pas donnée par la formule de Bohr comme dans le paragraphe 1. Une

expression simple approchée, valable à 2 pour cent près dans SiC et ZnS, est :

$$W = \frac{R}{K_e K_0}$$

W est *l'énergie d'ionisation optique du niveau.*

Cependant l'on trouve que l'expression de Bohr

$$E = \frac{R}{K_e^2}$$

est *l'énergie d'ionisation thermique.* Le rapport W/E est $K_e/K_0 > 1$. [Selon le raisonnement approché de Mott et Gurney (2), ce même rapport serait K/K_0.]

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *La corrélation angulaire des particules α et des électrons de conversion dans la désintégration du radium.* Note de M. **Radha Raman Roy** et Mlle **Marie-Louise Goes**, transmise par M. Émile Henriot.

Une étude de la corrélation angulaire des directions d'émission de la particule α et de l'électron de conversion peut permettre de déterminer le moment angulaire des états nucléaires impliqués. Une telle étude a été faite (1) dans le cas de la désintégration α de l'ionium, et nous avons conclu que le moment angulaire du premier état excité du ^{226}Ra est 2.

Dans l'expérience actuelle, nous avons étendu l'étude à la désintégration du ^{226}Ra.

Nous avons utilisé un appareil photographique vertical pour photographier les traces des particules α et des électrons dans la chambre à diffusion. L'angle φ mesuré est donc la projection sur un plan de l'angle θ dans l'espace, retrouvé à l'aide de la relation

$$\cos\theta = \cos\alpha \cos\beta \cos\varphi + \sin\alpha \sin\beta,$$

où α et β sont les angles déterminés respectivement par la particule α et le plan, et par l'électron et le plan. La valeur de α et de β se déduit aisément des mesures du parcours projeté.

Dans les figures 1 et 2 nous avons tracé la distribution angulaire des 522 corrélations α-électrons de conversion de 188 keV et des 241 corrélations α-électrons de conversion de 663 keV observées.

Le nombre de corrélations observées a été multiplié par le facteur de poids approprié.

La distribution théorique de M. E. Rose, L. C. Biedenharn et G. B. Arfken (2)

(1) R. R. Roy et M.-L. Goes, *Nature*, **172**, 1953, p. 360.

(2) *Phys. Rev.*, **85**, 1952, p. 5.

a pour expression générale :

$$W_{\alpha-e}(\theta)=\sum_{\nu=0}^{\nu m} b_\nu(c)b_\nu(\alpha)\,A_\nu(\gamma-\gamma)P_\nu(\cos\theta) \qquad \text{où} \qquad \sum_{\nu=0}^{\nu m} A_\nu(\gamma-\gamma)P_\nu(\cos\theta)$$

est la distribution angulaire $\gamma-\gamma$, calculée par S. P. Lloyd ([3]) et par L. C. Biedenharn et M. E. Rose ([4]) pour des transitions γ de polarités différentes, et où les b_ν sont des coefficients calculés par Rose, Biedenharn et Arfken ([2]) pour la conversion K.

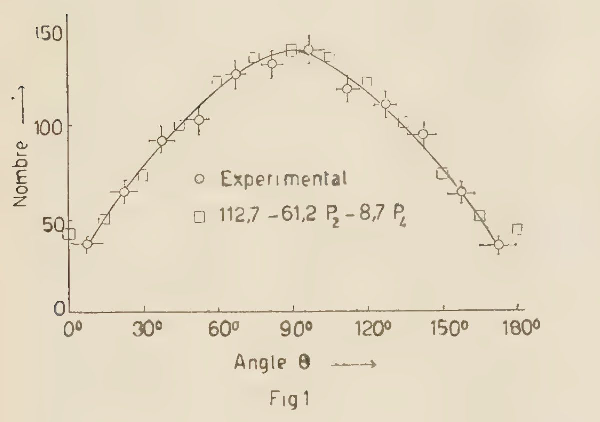


Fig 1

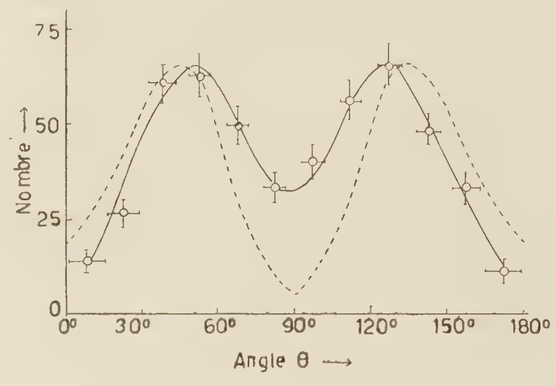


Fig 2

Nous avons, par cette théorie, calculé la distribution angulaire des corrélations α-électron de conversion K de la raie γ de 663 keV en supposant que le moment angulaire du deuxième état excité du ^{222}Rn est 4 ou 2, et la parité paire. L'accord avec les résultats expérimentaux n'est bon qu'avec la valeur de 2.

Nous avons tracé cette distribution théorique (moment angulaire 2)

$$W_{\alpha-e}=38(1+0,78P_2-1,28P_4)$$

ainsi que le résultat expérimental dans la figure 2.

En ce qui concerne le premier état excité (188 keV) la validité de la formule théorique devient douteuse pour une énergie de transition aussi faible. Mais nous avons indiqué déjà dans notre note précédente que le moment angulaire du premier état excité est 2, d'après la valeur du coefficient de conversion. En admettant ceci, nous pouvons exprimer la distribution expérimentale par une expression de la forme

$$112,7-61,2P_2-8,7P_4.$$

([3]) *Phys. Rev.*, 83, 1951, p. 716.
([4]) *Rev. Mod. Phys.*, 25, 1953, p. 79.

Nous pouvons conclure finalement, que le moment angulaire est 2 pour le premier ainsi que pour le deuxième état excité du ^{222}Rn.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la cinétique de la formation du sulfure de carbone.* Note (*) de MM. **Henri Guérin** et **Jean Adam-Gironne**, présentée par M. Paul Lebeau.

On montre qu'entre 770 et 900° et pour des pressions de vapeur de soufre variables la vitesse de formation du sulfure de carbone à partir de soufre et de charbon de sucre peut être représentée par une expression de la forme $Kp/1 + K'p$ dans laquelle p est la pression partielle de la vapeur de soufre et K et K′ sont des paramètres dont on a calculé la valeur dans le domaine de températures considéré.

La réactivité d'un combustible pouvant être définie comme la vitesse à laquelle il réagit avec une phase déterminée, dans des conditions bien précisées, on a cherché à expliquer les phénomènes de réactivité en étudiant la cinétique des réactions de gazéification par l'oxygène, par l'anhydride carbonique et par la vapeur d'eau sur des échantillons de graphite, de charbons de sucre ou même de charbons de bois ou de cokes.

Aucune recherche de ce genre n'ayant été entreprise jusqu'ici dans le cas de l'action du soufre sur les combustibles, nous avons complété nos recherches sur la sulforéactivité ([1]) par une étude de la cinétique de la formation du sulfure de carbone au cours de laquelle nous avons utilisé l'appareil et le mode opératoire décrits précédemment ([2]).

Désirant utiliser un produit plus pur que le charbon de bois, pour diminuer l'importance des phénomènes de catalyse, mais aussi plus réactif que le graphite avec lequel il eût été très difficile, dans le cas de la sulforéactivité, de réaliser des conditions expérimentales permettant d'obtenir une précision acceptable, nous avons choisi le charbon de sucre comme variété de carbone. Nous avons opéré sur un échantillon dégazé pendant une heure dans le vide à 1100°, ayant pour composition C : 98,4 %, H_2 : 0,60 %, O_2 : 0,75 %, cendres : 0,25 % et dont la surface spécifique, déterminée par adsorption d'azote (sur du 20-40), atteignait 30 m²/g.

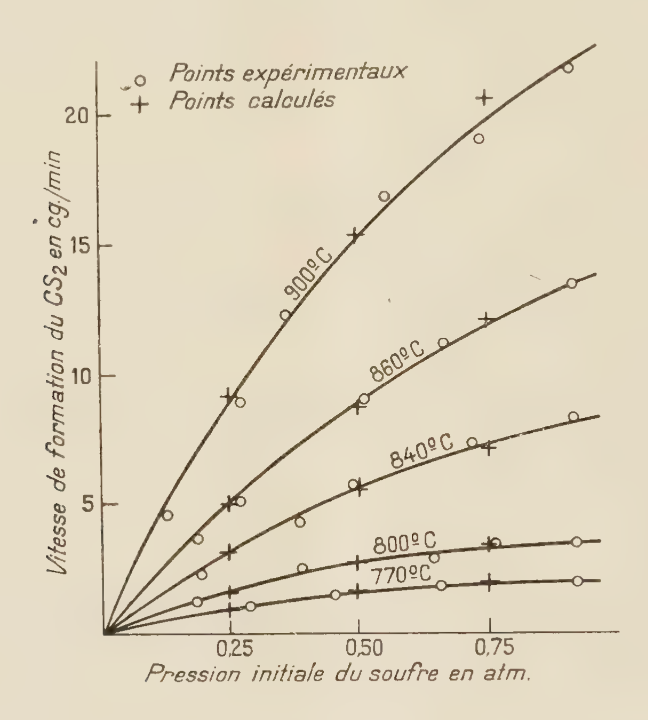
Notre but étant d'étudier les variations de la vitesse de formation du sulfure carbone dans un certain domaine de températures et de pressions, nous avons, par des séries d'essais préliminaires, examiné dans ce domaine les variations de la sulforéactivité du charbon de sucre lors de sa consommation et montré que l'accroissement très net de sulforéactivité constaté était indépendant des conditions dans lesquelles s'opérait la réaction.

(*) Séance du 25 janvier 1954.

([1]) H. Guérin et J. Adam-Gironne, *Bull. Soc. Chim.*, 1953, p. 302-303; J. Adam-Gironne, *Bull. Soc. Chim.*, 1953, p. 446-447 et 1954, en cours de publication.

([2]) H. Guérin et J. Adam-Gironne, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1241.

Ayant tracé la courbe représentant les valeurs relatives de la vitesse de formation du sulfure de carbone en fonction du degré d'usure du charbon, il nous était alors possible de ramener les valeurs des vitesses de réaction trouvées dans des essais correspondants à des états de consommation différents du charbon, à celles qui seraient obtenues avec un échantillon fictif dont la sulforéactivité resterait constante. Nous avons choisi comme état de référence de sulforéactivité du charbon celui correspondant à une usure de 10 %.



Des séries d'essais conduits à différentes températures et sous diverses pressions initiales de soufre ont fourni les résultats traduits par les courbes de la figure 1, qui montrent qu'à un accroissement donné de la pression correspond une augmentation de la vitesse de réaction d'autant plus faible que la pression de soufre est plus élevée, ce phénomène étant d'autant plus net que la température est plus basse.

Des courbes semblables ont été obtenues par divers auteurs [3] qui, étudiant la carboxyréactivité ou l'hydroréactivité, ont constaté que leurs résultats concernant la variation de la vitesse de réaction en fonction des pressions partielles du gaz réagissant (p_1) et du produit de la réaction (p_2) sont bien

---

(3) Gadsby, Long, Sleightholm et Sykes, *Proc. Roy. Soc.*, séries A, **193**, 1948, p. 357; H. F. Johnstone, C. Y. Chen et D. S. Scott, *Ind. Eng. Chem.*, **44**, 1952, p. 1564; F. J. Long et K. W. Sykes, *Proc. Roy. Soc.*, séries A, **193**, 1948, p. 377.

représentés par une expression de la forme

$$\frac{K_1 p_1}{1 + K_2 p_2 + K_3 p_1}, \qquad (1)$$

où K_1, K_2 et K_3 sont trois paramètres variant avec la température et déterminés expérimentalement.

Utilisant une méthode originale de calcul, exposée par ailleurs, nous avons pu montrer que dans le cas présent K_2 était toujours nul tandis que K_1 et K_3 prenaient les valeurs indiquées dans le tableau.

Températures.	770°.	800°.	840°.	860°.	900°.
K_1 ($mole/mn^{-1}.atm^{-1}/g^{-1}$)...	$7,20.10^{-5}$	$11,7.10^{-5}$	$20,7.10^{-5}$	$32,1.10^{-5}$	$59,2.10^{-5}$
K_3 (atm^{-1})................	12	10	6,5	5,5	6,0

On voit sur la figure 1 que les valeurs de la vitesse de réaction calculées à l'aide de la formule (1) et des paramètres ainsi trouvés, sont en bon accord avec les valeurs expérimentales.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Structure des α-glycols à chaîne droite.* Note (*) de MM. **Joseph Wiemann, Jean-Jacques Trillat** et Mme **Suzanne Barbezat**, présentée par M. Paul Pascal.

L'étude des films formés par des glycols stéréochimiquement purs permet de préciser la disposition des molécules et des atomes même dans ces films.

L'obtention par synthèse d'α-glycols symétriques et racémiques, et leur séparation, en particulier par chromatographie, à conduit à des isomères purs, qui présentent les caractéristiques suivantes [1] :

	Hexanediol-3.4 méso.	Heptanediol-3.4 méso.	Octanediol-4.5 méso.	Octanediol-4.5 racémique.
Point de fusion	88°	97°	121-121°,5	28-28°,7
Équidistance (Å)...	8,75	10,38	11,55	10,70

Or, l'étude des films formés par les glycols à longue chaîne a montré à l'un de nous que l'on observe quelquefois deux valeurs pour la grande équidistance dans les couches superficielles formées par ces corps [2]; il avait émis l'hypothèse que chaque équidistance pouvait être due à l'une des formes inactives ou racémiques des glycols.

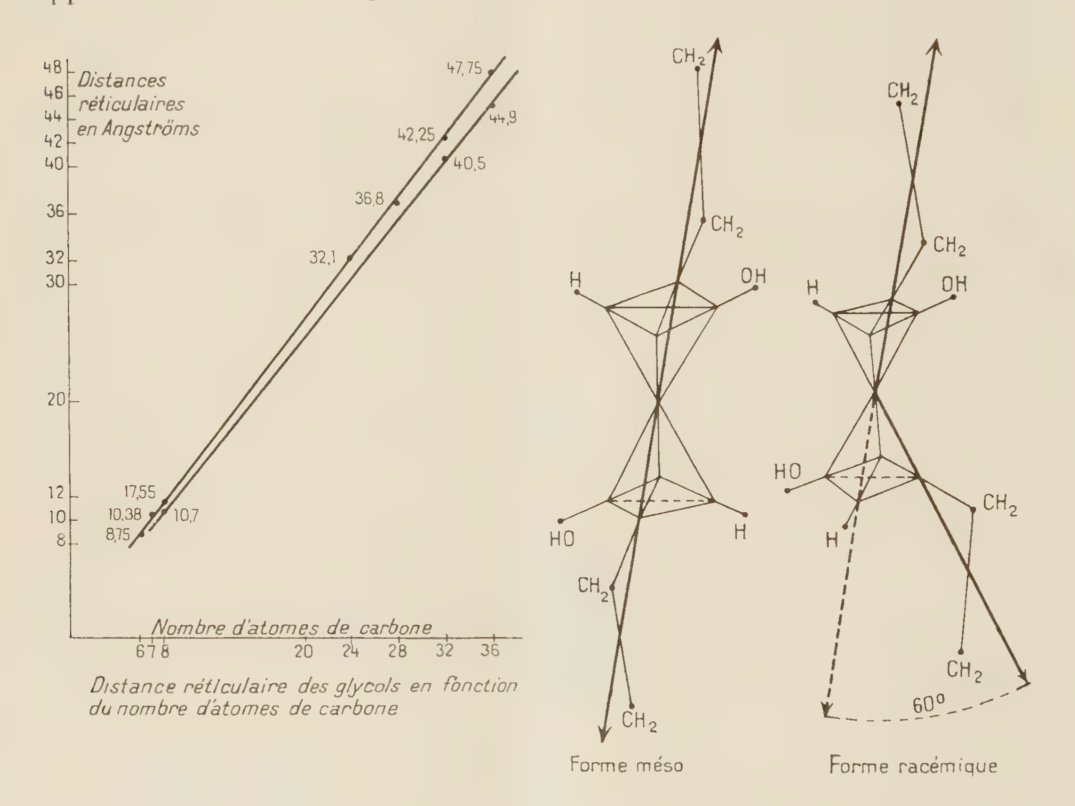
(*) Séance du 25 janvier 1954.

(1) Ce travail, avec l'aide technique de Mlle Le Thi Thuan sera publié dans un autre recueil.

(2) J.-J. Trillat, S. Barbezat, F. Bouquet et G. Paquot, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 16, 1949, p. 745.

Cette hypothèse a pu être entièrement vérifiée par l'étude des formes pures des glycols mentionnés; les résultats sont traduits sur le graphique ci-dessous.

On peut en conclure que les glycols ayant un nombre pair ou impair d'atomes de carbone, mais de structure méso s'orientent normalement au support par fusion ou évaporation d'une solution alcoolique sur une lame de verre. Dans les mêmes conditions, les glycols racémiques sont inclinés par rapport à la normale au support d'un angle de l'ordre de 16 à 17°.



Distance réticulaire des glycols en fonction du nombre d'atomes de carbone

Forme méso

Forme racémique

Ce résultat peut être mis en relation avec la structure stéréochimique même de ces glycols. On sait que dans la configuration la plus stable, les groupements polaires de même signe tendent à se placer le plus loin possible; dans le cas du dérivé méso, si les groupements hydroxylés à forte polarité sont opposés, les chaînes carbonées se trouvent aussi opposées, donc elles pourront s'orienter normalement au support.

Au contraire, pour le dérivé racémique, l'opposition des groupements hydroxylés entraîne une position des chaînes telle qu'elles feront un angle de l'ordre de 60° entre elles, et c'est sans doute par inclinaison d'une fraction de cet angle sur la normale au support que se groupent les molécules des films successifs.

En résumé, l'étude ci-dessus donne des précisions à la fois sur la structure des films et sur celle même des glycols.

CHIMIE MINÉRALE. — *Dosage volumétrique de bases organiques par une solution titrée de tétrabromure de tellure.* Note de MM. **Pierre Dupuy** et **Maurice Nortz**, transmise par M. Paul Pascal.

Cette méthode permet un dosage volumétrique rapide de l'azote des bases organiques, même en présence de substances susceptibles de perturber un dosage acidimétrique classique.

Le tétrachlorure de tellure s'unit avec de nombreux chlorures de bases organiques pour donner des complexes tels que les composés suivants (1) :

$$[(CH_3)NH_3]_2[TeCl_6], \quad [(C_4H_9)NH_3]_2[TeCl_6],$$
$$[(C_5H_{11})_3NH]_2[TeCl_6], \quad [C_6H_4ClNH_3]_2TeCl_6.$$

Nous avons pu étudier les complexes formés avec le tétrachlorure de tellure et des bases hétérocycliques azotées R—N, qui donnent des corps bien cristallisés de formule générale $(R—NH)_2\,Te\,Cl_6$.

Ces composés sont stables dans des solutions aqueuses de pH 4,5. Les complexes obtenus sont plus ou moins solubles dans les solutions mères et celles-ci sont jaunes comme celles de tétrachlorure de tellure. Aucune variation de coloration ne peut être observée et un dosage est impossible dans ces conditions.

En solution éthérée, le tétrachlorure de tellure donne avec les bases organiques un précipité blanc gélatineux difficile à séparer et facilement hydrolysable à l'air répondant à la formule $Te\,Cl_4\,(R—N)_2$. Le dosage n'est pas possible étant donné les faibles colorations observées.

Le tétrabromure de tellure, par contre, qui a des propriétés analogues, donne des solutions d'un jaune orangé intense permettant de suivre beaucoup plus facilement la formation du complexe par suite de la décoloration du milieu. D'autre part, il est soluble dans l'acide acétique et principalement dans un mélange acide acétique-éthanol. Dans ce solvant, le complexe formé est assez soluble ce qui permet d'apprécier la fin du virage avec un indicateur convenablement choisi.

La solution N/10 utilisée contient 22,36 g de tétrabromure de tellure par litre, et correspond à 1,4 mg d'azote par centimètre cube. Nous la préparons de la façon suivante : 9 g de bioxyde de tellure sont mis en suspension dans un mélange de 250 cm^3 d'éthanol anhydre et de 650 cm^3 d'acide acétique cristallisable et l'on ajoute en une seule fois, 58,5 cm^3 d'acide bromhydrique de densité 1,38. On laisse réagir quelques heures et l'on filtre l'excès de bioxyde de tellure sur un verre fritté G 4. De cette

(1) Gutbier et Flury, *Z. Anorg. Chem.*, **86**, 1914, p. 169.

façon, on évite d'avoir un excès de Br H qui perturberait le dosage. Puis on complète au litre avec de l'acide acétique. Cette liqueur est ensuite titrée exactement avec une solution de référence préparée en dissolvant un poids connu d'aniline dans de l'acide acétique. On fait couler goutte à goutte cette dernière dans une prise d'essai de 10 cm³ de la liqueur N/10 de tétrabromure de tellure jusqu'à décoloration. On peut observer plus facilement la fin de la réaction par addition de quelques gouttes d'indicateur. Nous utilisons à cet effet des solutions alcooliques concentrées de bromure de cobalt ou de chlorure de cuivre. Ces dernières présentent le double avantage de ne pas modifier la coloration due au tétrabromure de tellure et de laisser apparaître au moment du virage une coloration allant du rose violacé au violet pour le sel de cobalt et bleue pour le sel de cuivre. L'indicateur doit être choisi en fonction de l'amine, car il donne avec elle une coloration.

En employant ce procédé nous avons contrôlé la reproductibilité de cette méthode avec un certain nombre de bases en solution dans l'acide acétique. Nous résumons dans le tableau ci-dessous les résultats observés :

	N% calculé.	N% trouvé.
Diéthylamine (1)	19,17	19,10
« (2)	19,17	19,07
Aniline (1)	15,05	15,02
« (2)	15,05	15,01
Naphtylamine	9,79	9,76
Pyridine	17,72	17,54
Picoline	15,05	15,01
Lutidine	13,08	13,26
Pipéridine	16,47	16,59

La précision est donc généralement supérieure à 1 %.

Les pourcentages d'azote calculé ont été vérifiés sur chacun de ces produits par des méthodes de dosages classiques.

Cette méthode est utilisable en présence d'acides gras, d'alcools, etc. Nous étudions la possibilité de l'étendre à d'autres composés azotés tels que la pipérazine, l'hexaméthylène tétramine, les acides aminés.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Étude de la combustion de traces de* CO, *susceptibles d'engendrer une convection vive au contact de parois chaudes.* Note (*) de MM. **Marcel Véron** et **Jean Dumortier**, présentée par M. Paul Pascal.

On essaie de préciser les températures d'inflammation et le processus de combustion de traces de CO en présence de O_2, pour des flux gazeux circulant au contact de diverses parois à température variable.

(*) Séance du 18 janvier 1954.

Comme nous l'avons déjà signalé, certaines anomalies de surchauffe dans les générateurs de vapeur, et certaines détériorations constatées sur le bord d'ailettes de turbines à gaz sont dues au réallumage de traces de CO contenues dans les fumées.

De telles combustions engendrent en effet une élévation locale de température et (surtout) un accroissement du gradient normal de température favorisant les échanges calorifiques, car le coefficient de convection s'accroît alors d'un terme *vif* important.

Nous avons entrepris une série de mesures tendant à dégager l'influence que la température des parois, leur nature et le temps de contact peuvent avoir sur l'allumage et la combustion d'un mélange de gaz contenant une faible teneur de CO en présence de O_2.

Dans un tube de silice ou de verre (2×50 cm) bourré ou non de tournures d'acier, on fait passer un flux gazeux obtenu par mélange d'air, de CO et de CO_2, avec 0,8 à 1,5 % de CO.

Ce tube est chauffé progressivement dans un four électrique Chevenard à programme de température, réglé de façon à réaliser une montée en température linéaire. Les gaz sont mis en mouvement au moyen de vases de Mariotte emplis d'huile de vaseline fluide ayant une tension de vapeur négligeable à la température ambiante.

En série sur le four est monté un analyseur infrarouge double O.N.E.R.A. 80, spécialement mis au point pour cette série d'expériences. Ses indications enregistrées par un potentiomètre MECI à deux directions permettent à tout moment de suivre les variations de la teneur en CO et de la teneur en CO_2, concomitantes aux variations de la température dans le four.

Les diverses conditions opératoires où l'on s'est placé sont précisées dans le tableau, et les résultats sont représentés sur la figure.

Métal	Acier doux.		E. M. 10.		Sans métal.
Essais	N° 1.	N° 2.	N° 3.	N° 4.	N° 5.
Débit gazeux à 20° C (cm³/mn)	20	17	18	17	15
Gradient de température (°C/mn) (*)	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Teneur en CO (%)	1,5	1,05	1,28	0,9	0,8

(*) Afin d'éliminer les erreurs systématiques éventuelles dues à l'« inertie » pourtant très faible du montage, chaque essai comporte une montée en température suivie d'un refroidissement.

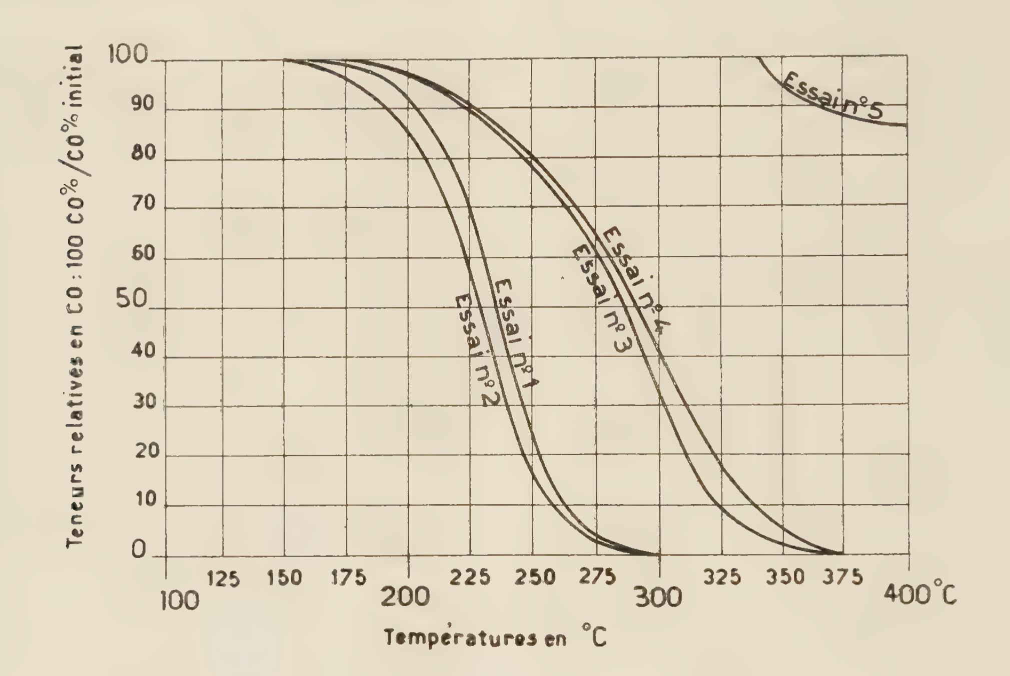
On s'arrange pour que le gradient soit identique (au signe près) dans les deux cas, et on interpole entre les résultats, d'ailleurs très voisins, obtenus à la montée et à la descente en température.

Il apparaît que, dans ces conditions :

1° La teneur en CO évolue essentiellement avec la température atteinte (que l'on a donc portée en abscisses sur la figure).

2° La teneur initiale en CO a peu ou n'a pas d'influence sur les températures de début et de fin de combustion, non plus que sur l'évolution relative de cette teneur au contact des parois en fonction de la température (ce qui a permis de porter CO/CO initial comme ordonnée unique sur la figure).

3° Dans le tube de silice et en l'absence de métal, le CO s'enflamme aux environs de 340° C; la combustion n'est jamais complète, la moitié de la teneur initiale subsistant à 585° C (essai n° 5).



4° Dans le même tube garni de métal déjà utilisé plusieurs fois, le CO commence à brûler aux environs de 150° C avec l'acier doux, et de 170° C avec l'E. M. 10 (*figure*); la combustion est terminée respectivement aux environs de 300 et de 375° C seulement.

Ces températures sont couramment dépassées par les parois dans les chaudières, surchauffeurs et turbines à gaz.

5° La combustion du CO débute à une température d'autant plus basse que le métal est moins propre (ses propriétés de surface ayant été modifiées par les essais précédents). Avec un métal propre, la combustion commence à 240° C pour l'acier doux et à 245° C pour l'E. M. 10.

6° L'aire offerte par le métal, le temps de contact, la vitesse de circulation des gaz et leur teneur en vapeur d'eau ont aussi une action, que nous comptons chiffrer au cours de la deuxième partie de ce travail. Ces actions ont engendré le léger décollement des courbes représentant respectivement les essais n°s 1 et 2 et les essais n°s 3 et 4.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Influence des substituants sur la basicité du p.p'-tétraméthyldiaminotriphénylcarbinol.* Note (*) de MM. **Michel Gillois** et **Paul Rumpf**, présentée par M. Jean Cabannes.

Par une étude spectrophotométrique dans une série de mélanges tampon, on a déterminé la basicité du carbinol du vert malachite et de ses produits de substitution sur le noyau non diméthylaminé (NO_2, Br, Cl, CH_3, $O-CH_3$ en *o*-, *m*- ou *p*-). La stabilité de colorants orthosubstitués vis-à-vis des acides et des alcalis a été vérifiée; les conditions en ont été précisées.

Les fabricants de matières colorantes ont observé depuis longtemps que l'introduction de substituants tels que Cl, Br ou SO_3H, dans la molécule du vert malachite en ortho par rapport au carbone central, augmentait la résistance à la décoloration par les alcalis. Ce fait est assez paradoxal, car ces substituants renforcent l'acidité des acides carboxyliques et diminuent réciproquement la basicité des amines; par analogie, on pouvait s'attendre à ce qu'ils facilitent la décoloration des dérivés du triphénylcarbinol par des bases, provoquant l'hydrolyse du sel coloré en carbinol incolore :

$$[Ar_3C]^+ Cl^- + HO^- Na^+ \rightarrow Ar_3C-OH + Cl^- Na^+.$$

Dans ces conditions, il nous a paru intéressant de compléter les résultats concernant la basicité du vert malachite, déjà obtenus par divers auteurs (1), (2), en envisageant l'influence de la nature et de la position de substituants sur le noyau non diméthylaminé. Nous avons entrepris dans ce but une étude cinétique approfondie de la décoloration réversible de ces composés, ce qui exigeait en premier lieu un examen comparatif des équilibres d'ionisation à une même température (23°).

La solubilité des colorants considérés est beaucoup trop faible pour se prêter à des mesures électrométriques; mais des recherches antérieures ayant mis en évidence dans cette série un parallélisme entre la transformation du carbinol en sel ionisé et l'apparition d'une absorption dans le visible (3), nous avons pu mesurer les basicités par la méthode spectrophotométrique, en appliquant aux bandes situées entre 6 200 et 6 350 Å la technique récemment utilisée dans l'ultraviolet pour déterminer avec précision la basicité d'une série d'amines aromatiques (4).

(*) Séance du 25 janvier 1954.

(1) P. Cohen Henriquez, *Recueil des travaux chimiques des Pays-Bas*, 52, 1933, p. 991-1000.

(2) P. Rumpf et M. Gillois, *Bull. Soc. chim.*, 1954, p. 118.

(3) P. Rumpf, *Ann. Chim.*, [11], 3, 1935, p. 327-442.

(4) M. Gillois et P. Rumpf, *Bull. Soc. Chim.*, 1954, p. 112-118.

Substituant.	λ_{max} (Å).	$\log \varepsilon_{max}$.	pK_1.	pK_2.	Substituant.	λ_{max} (Å).	$\log \varepsilon_{max}$.	pK_1.	pK_2.
(Vert malachite).	6200	4,66	2,40	6,84	*o*-Br..........	6275	4,74	0,94	8,30
o-NO_2.........	6350	4,76	0,80	8,55	*m*-Br..........	6250	4,61	3,03	6,23
m-NO_2........	6300	4,60	3,32	5,84	*p*-Br..........	6255	4,63	2,81	6,38
p-NO_2.........	6340	4,59	3,70	5,50	*o*-O-CH_3......	6310	4,69	2,08	7,15
o-Cl...........	6280	4,73	1,25	8,00	*m*-O-CH_3......	6300	4,66	2,25	6,95
o-CH_3.........	6300	4,65	2,60	6,63	*p*-O-CH_3......	6325	4,68	2,10	7,18

pK_1, pH correspondant à la demi-décoloration en milieu acide;
pK_2, pH correspondant à la demi-décoloration en milieu alcalin $= -\log K_2$;
K_2, constante d'hydrolyse du sel en carbinol.

Au maximum d'absorption, ces colorants présentent un coefficient d'extinction moléculaire (ε_{max}) très élevé (*voir* tableau). Il a donc été possible d'obtenir des densités optiques suffisantes ($> 0,1$) malgré la très faible solubilité, en utilisant les cuves de 1 à 9 cm du spectrophotomètre Beckman. On doit, dans chaque tampon, vérifier la validité de la loi de Beer; car même à la dilution M/200 000, certains carbinols précipitent partiellement, ce qui impose pour les mesures l'emploi de solutions plus diluées.

Selon le mécanisme envisagé dans nos travaux antérieurs ([2]), ([3]), ces composés sont également décolorés en milieu acide. Les résultats du tableau ci-dessus montrent que, conformément à l'interprétation proposée, la demi-décoloration a lieu à un pH qui, pour les divers substituants, subit des déplacements, en sens inverse, sensiblement égaux à ceux du pH de demi-décoloration par les alcalis. En raison de cette double décoloration, l'absorption du produit intégralement ionisé (ε_m) peut être obtenue seulement par extrapolation ([2]). Il est intéressant de constater que ε_m augmente régulièrement avec la basicité des carbinols correspondant aux sels colorés.

Conformément aux observations empiriques déjà signalées, en *ortho* les substituants réputés acidifiants augmentent la basicité, alors qu'un méthyle la diminue. Ces résultats inattendus paraissent indiquer que l'influence de la conjugaison des substituants est dans ce cas, sinon inexistante, tout au moins masquée par des effets intenses de champs électrostatiques et de solvatation.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation de la* 3-*méthyl* 6-*phénylpyridazine et de la* 3.6-*diphénylpyridazine par synthèse diénique*. Note (*) de MM. **Jacques Levisalles** et **Pierre Baranger**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Le brome a été utilisé pour aromatiser les produits de décarboxylation des adducts du 1-méthyl 4-phénylbutadiène et du 1.4-diphénylbutadiène avec l'azodicarboxylate d'éthyle.

(*) Séance du 25 janvier 1954.

Les pyridazines 3.6-disubstituées sont habituellement préparées par action d'une dicétone-1.4 sur l'hydrazine. C'est ainsi que Paal et Denks [1] ont préparé la 3-méthyl 6-phénylpyridazine en faisant réagir la phénacylacétone et que Paal et Schulze [2] ont préparé la 3.6-diphénylpyridazine en faisant réagir le dibenzoyléthylène sur l'hydrate d'hydrazine.

Dans la présente Note, nous indiquons une méthode de préparation de ces deux corps, par déshydrogénation des 1.2.3.6-tétrahydropyridazines correspondantes, qui peuvent elles-mêmes être obtenues par addition diénique de l'azodicarboxylate d'éthyle sur le 1-méthyl 4-phénylbutadiène et sur le 1.4-diphénylbutadiène [3], [4].

$R = CH_3$ ou C_6H_5

Nous avons tenté de déshydrogéner ces deux bases par le nickel de Raney et par le sélénium, mais aucune de ces méthodes ne nous a donné satisfaction. Par contre le brome nous a permis de réussir ces aromatisations avec des rendements acceptables. Nous nous proposons d'étendre cette méthode de préparation des pyridazines à d'autres corps de la série.

Partie expérimentale. — 1.2-*dicarbéthoxy* 3-*méthyl* 6-*phényl* 1.2.3.6-*tétrahydropyridazine*. — A 21,5 g de diène dans 50 cm³ de benzène bouillant, on ajoute 26,0 g d'azodicarboxylate et chauffe 16 h à reflux. On chasse le solvant sous vide, reprend par un peu de cyclohexane et amorce la cristallisation; on obtient 44,1 g (93 %) d'un corps blanc qui, recristallisé du mélange éther-pentane, fond à 75-76°. $C_{17}H_{22}O_4N_2$; calculé %, C 64,13; H 6,97; trouvé %, C 64,20; H 6,87.

3-*méthyl* 6-*phényl* 1.2.3.6-*tétrahydropyridazine*. — 15,9 g (1/20e de mole) d'adduct et 15 g de potasse sont dissous dans 60 cm³ d'alcool et l'on porte à l'ébullition pendant une heure et demie; on ajoute alors 250 cm³ d'eau, acidifie par 35 cm³ d'acide chlorhydrique concentré et précipite la base par 70 cm³ d'ammoniaque concentrée; on extrait la suspension alcaline de la base par

---

(1) *Ber. dtsch. Chem. Ges.*, 33, 1900, p. 3800.

(2) *Ber. dtsch. Chem. Ges.*, 36, 1903, p. 492.

(3) O. Diels et K. Alder, *Ann.*, 450, 1926, p. 237.

(4) P. Baranger, J. Levisalles et M. Vuidart, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1365.

trois fois 100 cm³ de chloroforme, sèche sur sulfate de sodium et chasse le solvant. On ajoute un peu de pentane et laisse cristalliser; on essore et on recristallise dans le cyclohexane. Poids : 3,45 g (40 %); aiguilles blanches : F 90°. 3.5-dinitrobenzoate : aiguilles jaunes (alcool) : F 116-117°, $C_{18}H_{18}O_6N_4$; calculé %, C 55,95; H 4,70; trouvé %, C 56,16; H 4,75.

3-*méthyl* 6-*phénylpyridazine*. — 1,740 g (1/100ᵉ de mole) de tétrahydropyridazine et 4 cm³ de pyridine sont dissous dans 10 cm³ de tétrachlorure de carbone; on ajoute peu à peu cette solution, en refroidissant et en agitant à une solution de 3,2 g de brome dans 20 cm³ de tétrachlorure, puis on fait bouillir à reflux pendant 10 mn; on refroidit, lave avec une solution de soude, sèche sur carbonate de potassium, chasse le solvant et la pyridine, reprend par du cyclohexane bouillant en présence de noir animal, filtre, concentre et laisse cristalliser à la glacière. Poids : 0,555 g (33 %). F 103°. Ce point de fusion n'est pas abaissé par mélange avec un échantillon du même corps préparé selon Paal et Denks [1] qui indiquent F 104-105°, $C_{11}H_{10}N_2$; calculé %, C 77,62; H 5,92; trouvé %, C 77,96; H 5,80.

1.2-*dicarbéthoxy* 3.-6 *diphényl* 1.2.3.6.-*tétrahydropyridazine*. — On chauffe au bain-marie jusqu'à décoloration et prise en masse, un mélange équimoléculaire de diène (20,6 g) et d'azodicarboxylate (17,4 g), et reprend par un peu de pentane. Après filtration, on obtient 36,5 g (96 %) d'un produit fondant, après recristallisation de l'acétonitrile, à 132°. $C_{22}H_{24}O_4N_2$ calculé %, C 69,45; H 6,36; N 7,36; trouvé % C 69,62; H 6,42; N 7,41.

3.6-*diphényl* 1.2.3.6 *tétrahydropyridazine*. — 19 g d'adduct et 15 g de potasse sont dissous dans 50 cm³ d'alcool et l'on porte à ébullition pendant une heure et demie; on ajoute alors 50 cm³ d'eau, puis 30 cm³ d'acide chlorhydrique concentré; on précipite la base par 120 cm³ d'ammoniaque concentrée, filtre, sèche sous vide et recristallise de l'acétate d'éthyle. Poids : 6,0 g (50 %). F 155-6° [Diels et Alder [3] : F 157°]. $C_{16}H_{16}N_2$, calculé %, C 81,32; H 6,83; N 11,86; trouvé %, C 81,26; H 6,91; N 11,85.

3.6-*diphénylpyridazine*. — 1,18 g (1/200ᵉ de mole) de tétrahydropyridazine sont dissous dans 10 cm³ d'acide acétique bouillant; on ajoute avec précautions 0,515 cm³ (1,6 g, 1/100ᵉ de mole) de brome dans 12 cm³ d'acide acétique, fait bouillir dix minutes et verse dans une solution de 5 g de potasse dans 100 cm³ d'eau; on filtre, lave à l'eau, à l'alcool et à l'éther, sèche sur porcelaine poreuse et recristallise du xylène. On obtient 0,62 g (54 %) d'un produit fondant à 225° sur bloc Maquenne et ne présentant pas de dépression du point de fusion en mélange avec un échantillon préparé selon Paal et Schulze [2], qui indiquent 221-222°. $C_{16}H_{12}N_2$, calculé %, C 82,73; H 5,21; N 12,06; trouvé % C 82,69; H 5,26; N 12,17.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Manifestations de l'effet stérique dans l'absorption des dérivés du phénanthrène. I. Étude de quelques dérivés 9-substitués.* Note (*) de Mme **Ordibehechte Ghaznavi**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

L'étude spectrographique quantitative de quelques dérivés 9-substitués du phénanthrène a mis en évidence certains effets stériques analogues à ceux observés dans la série α-naphtalénique.

On sait que l'introduction d'un groupement non saturé ou d'une fonction sur un noyau aromatique modifie l'absorption de ce dernier d'une façon parfois très considérable par suite du « couplage » qui s'établit entre les deux chromophores.

Mme Ramart-Lucas a montré que, dans certains cas, cette interaction pouvait être atténuée, ou même complètement supprimée, par l'accumulation de radicaux alcoyles au voisinage de la fonction. Ainsi par exemple, dans la série benzénique les dérivés azotés (oximes, semicarbazones...) de l'acétophénone et de ses homologues à chaîne alcoyle non ramifiée sont beaucoup plus absorbants que les mêmes dérivés de l'ω, ω, ω-triméthylacétophénone dont les spectres correspondent sensiblement à la superposition des spectres « limites » du noyau et de la fonction. Ce phénomène a été observé depuis dans d'autres séries aromatiques, en particulier dans les groupes du naphtalène et l'anthracène, et même pour certaines substances hétérocycliques telles que la pyridine et le thiophène.

Les dérivés phénanthréniques n'ayant pas encore été étudiés de ce point de vue, il m'a paru intéressant d'entreprendre des recherches sur le comportement spectral du phénanthrène et de déterminer l'influence de différents substituants selon leur nature et leur position sur le noyau. Ces recherches ont porté sur les dérivés substitués en 9, en 3 et en 2 et ont permis de constater de curieuses différences dans les propriétés optiques des divers isomères.

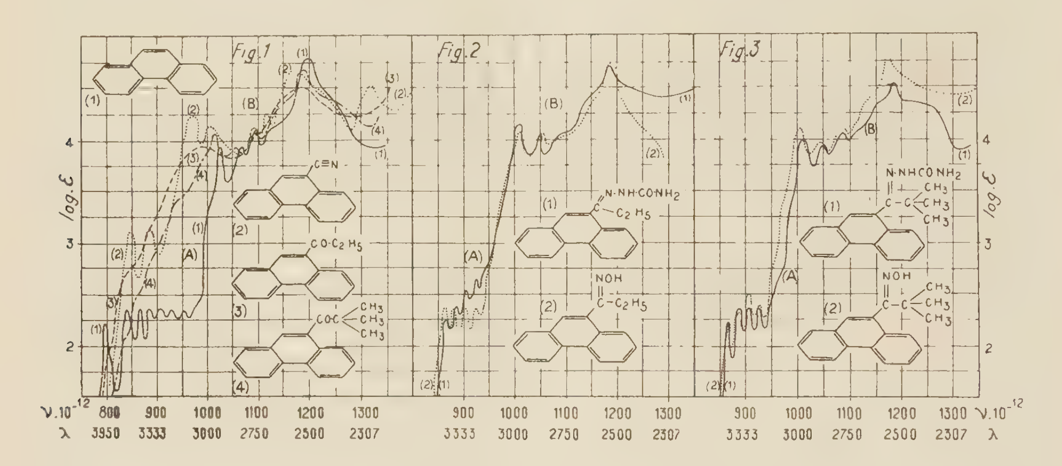
Dans la présente Note, j'exposerai brièvement l'essentiel des observations faites sur les dérivés 9-substitués.

Le spectre du phénanthrène (*fig.* 1, courbe I) est formé par deux groupes de bandes qui se différencient nettement. Le premier de ces groupes, soit (A), qui se trouve situé dans la région des plus grandes longueurs d'onde est constitué par sept bandes fines. Le second groupe, soit (B), d'intensité beaucoup plus élevée, comprend quatre bandes.

L'introduction des substituants sur le carbone 9 provoque des changements d'absorption analogues à ceux observés dans les autres séries aro-

(*) Séance du 25 janvier 1954.

matiques. Ainsi, tandis que les groupements alcoyles et les halogènes n'ont qu'une faible action, les radicaux non saturés tels que —C ≡ N ou —CO—R donnent lieu à des couplages plus ou moins énergiques qui se traduisent par une élévation considérable de l'intensité d'absorption dans la région (A), par un déplacement notable des bandes vers les plus grandes longueurs d'onde et par une diminution plus ou moins accusée de la structure fine.



Dans la courbe d'absorption du 9-cyanophénanthrène (*fig.* 1, courbe 2) on retrouve encore, bien que fortement déplacées, certaines bandes propres au phénanthrène et en particulier toutes celles du groupe (B).

Par contre, les spectres des 9-acylphénanthrènes à radical alcoyle primaire, tels que le 9-propionylphénanthrène (*fig.* 1, courbe 3) ne contiennent plus aucune des bandes fines qui caractérisent l'hydrocarbure dont ils dérivent. Le couplage énergique qui s'exerce dans leurs molécules entre le noyau et le groupe cétonique peut être partiellement relâché par l'effet stérique provoqué par l'introduction d'une chaîne ramifiée au voisinage immédiat de la fonction.

En effet, la courbe d'absorption du 9-pivalylphénanthrène (*fig.* 1, courbe 4) présente dans la région des plus hautes fréquences un certain nombre de bandes qui correspondent à celles du groupe (B) du spectre phénanthrénique.

Enfin, si l'on passe des cétones à leurs dérivés azotés, oximes ou semicarbazones, on n'observe plus aucune influence mutuelle entre le noyau et la fonction =C=N— et cela *indépendamment du degré de ramification du radical alcoyle qui se trouve à son voisinage*. Les oximes et les semicarbazones du 9-acétyl ou 9-propionylphénanthrène sont « transparentes » tout comme celles du 9-pivalylphénanthrène et les spectres de toutes ces substances sont très proches de celui du phénanthrène (*fig.* 2 et 3).

Ainsi les 9-acylphénanthrènes à radical aliphatique primaire se diffé-

rencient de l'acétophénone et de ses homologues linéaires par le fait qu'ils donnent des oximes et des semicarbazones « transparentes ». Dans la série benzénique, le découplage entre le noyau et le reste de la molécule n'a lieu qu'en présence d'un radical fortement ramifié au voisinage de la fonction : seuls les dérivés des trialcoylacétophénones sont « transparents ».

Ce comportement particulier des dérivés 9-substitués du phénanthrène les rapproche beaucoup des dérivés α-naphtaléniques correspondants et permet de conclure à une structure électronique analogue des atomes de carbone intéressés.

GÉOLOGIE. — *Sur l'origine et la date de mise en place des nappes supérieures dans le Tell algérien au Sud du Djurdjura.* Note de M. **André Caire**, présentée par M. Paul Fallot.

Après une phase de plissement et de surrection de l'Atlas tellien, qui débute à l'Éocène supérieur et se prolonge au début de l'Oligocène, la mise en place des nappes de glissement a pu commencer à l'Oligocène terminal, mais s'est effectuée en grand partie au Miocène inférieur.

Les unités supérieures (B et C) de la zone sub-bibanique ([1]) proviennent de régions situées au Nord de la chaîne des Biban ([2]).

L'unité B est formée de lames à matériel crétacé et éocène. Dans la région de Mansourah ([1]), elle contient presque exclusivement du Sénonien qui se présente parfois (région d'Harraza) sous un faciès de marnes grises à lentilles calcaires jaunes, caractéristique de la zone II de L. Glangeaud ([3]). Il revêt ailleurs un faciès de marnes schisteuses rougeâtres, représenté dans la zone des écailles intermédiaires (I de L. Glangeaud), et dans l'allochtone de la région de Tablat (zone II). Près d'El Achir, l'unité B contient des calcaires cénomaniens à faciès Biban ([4]). Plus à l'Est, dans la zone Medjana-Paul Doumer ([4]), elle comprend de l'Éocène inférieur et moyen très différent des sédiments de même âge représentés dans l'unité A ([1]). On peut donc admettre que le matériel de l'unité B provient en majeure partie des zones I et II, actuellement situées sous la nappe du flysch au Sud du Djurdjura ; et peut-être, pour une moindre part, de l'anticlinorium des Biban.

L'unité C comprend, en dehors du Medjanien (Priabonien à Stampien), du Sénonien schisteux rougeâtre (région d'Erbea par exemple) qui a été confondu avec des niveaux priaboniens, mais ressemble à certains faciès de la zone II. Le poudingue de base du Priabonien contient des éléments provenant du Jurassique de la chaîne calcaire, et du Trias gypsosalin. Ce dernier est inconnu dans les zones I*a*-I*c*, mais nous savons (Dame, Glangeaud) qu'il est monté dans la zone II, dès le Sénonien, et peut-être même avant cette époque. Le Medjanien s'est donc déposé dans la zone II ou dans la zone du flysch (I*d*) comme en témoignerait le mimétisme de faciès entre ce flysch et certains niveaux du Medjanien d'Harraza. Le Trias formant coussinet à la base des massifs medjaniens proviendrait des zones I*d*, I et II.

([1]) A. Caire, *Bull. Soc. géol. fr.*, (6), **1**, 1951, p. 721-734.

([2]) A. Caire, *Comptes rendus*, **237**, 1953, p. 1428.

([3]) *Bull. Soc. géol. fr.*,(4), **26**, 1926, p. 46-60.

([4]) S. N. Repal, *XIXe Congrès géol. intern.*, Mon. Rég. (1), n° **20**, 1952.

Nous savons que, dans le Tell méridional, les unités B et C se sont mises en place entre un Miocène I et un Miocène II ([5]), le glissement de l'unité A ayant commencé localement dans le Miocène I. L'unité C s'est décollée après le Stampien et avant le Miocène II, c'est-à-dire à la fin de l'Oligocène ou au début du Miocène. De plus, l'unité C, associée à l'unité B, et comprenant elle aussi du Sénonien de la zone II, est recouverte en transgression, au Djebel bou Zid, par du Miocène inférieur marin (J. Savornin). Elle était donc recouverte par la mer au Miocène I. Or on ne connaît aucun dépôt d'âge miocène sur le méridien du Dj. bou Zid, entre la chaîne des Biban et la zone littorale I*a*, alors qu'un tel dépôt a pu se produire dans la partie de la zone II actuellement recouverte par la zone I. En outre, la majeure partie ou la totalité de l'unité B provient des zones I et II. Celles-ci sont extrêmement réduites ou inexistantes au Sud du Djurdjura. Elles seraient donc recouvertes dans cette région par l'avancée de la zone I. Par ailleurs, les unités B et C n'ont guère pu stationner, pendant l'Oligocène supérieur et le Miocène I, sur l'étroite bande comprise entre la chaîne des Biban et le front méridional de la nappe du flysch. Elles occupaient donc, au début de cette période, une position plus septentrionale. On est ainsi conduit à proposer, dans la région étudiée, l'hypothèse d'un déplacement en masse de la zone I (nappe du flysch comprise) à l'Oligocène terminal ou à l'orée du Miocène (avant le Miocène II).

Les faits connus dans le Djurdjura ne s'opposent pas à cette interprétation. Qu'il existe ou non un contact anormal entre le Nummulitique supérieur et le flysch albo-sénonien étudiés par J. Flandrin au Sud du Djurdjura, l'Oligocène participe aux dernières dislocations de cette chaîne, dans laquelle le Miocène anténappe est inconnu.

On peut donc concevoir l'évolution suivante :

Au Nummulitique supérieur : soulèvement et déversement vers le Sud de la zone I, avec écaillage de la chaîne calcaire et de la bordure Nord de la zone II (écailles intermédiaires de L. Glangeaud). Si l'on considère le tonnage mis en jeu, c'est bien la phase paroxysmale reconnue par L. Glangeaud ([3]).

Au début du Miocène et peut-être à l'Oligocène terminal : ultime déplacement vers le Sud (charriage ou glissement) de la zone I. Écaillage et plissement importants au Sud de la zone I. Compression de la nappe du flysch. Refoulement du Medjanien qui entraîne la couverture plastique des écailles intermédiaires et de la zone II, décollée au niveau des lentilles de Trias mises en place dès le Crétacé. Glissement des nappes ainsi libérées, qui s'étalent vers le Sud, jusqu'à la bordure méridionale du Tell. Recouvrement de la zone II par la zone I au Sud du Djurdjura. Dans cette

---

([5]) A. Caire et M. Mattauer, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1735.

région, les lambeaux situés sur l'anticlinorium des Biban ont été soulevés et érodés au cours de déformations plio-quaternaires.

Si cette reconstitution est exacte, la répartition des faciès de l'Éocène inférieur et moyen permet de situer dans la sous-zone du flysch et peut-être dans la sous-zone I, le « seuil lutétien » de M. Flandrin. Avant les mouvements tangentiels, ces sous-zones devaient être assez larges et séparer nettement les zones I et II, qui montrent des évolutions très dissemblables au Crétacé et au Nummulitique.

Si l'on tient compte des résultats concordants obtenus par la S. N. Repal, MM. Mattauer, Polvèche et David dans le Tell algérien méridional, on peut proposer d'étendre les conclusions précédentes à une grande partie du Tell algérien. Cette évolution est d'ailleurs comparable à celle du Maroc et présente des analogies avec celle de la Tunisie septentrionale.

PÉTROGRAPHIE. — *Sur la véritable nature de certaines laves de la série volcanique du Précambrien III de Tiouine (Région de Ouarzazate, Sud marocain).* Note de MM. **Jean Bouladon** et **Georges Jouravsky**, présentée par M. Paul Fallot.

Certaines « laves » massives, rhyolitiques ou dacitiques, du Précambrien III de Tiouine, sont en réalité des *ignimbrites*, roches qui n'ont été rencontrées jusqu'ici que dans des séries volcaniques récentes. Les caractères en sont demeurés partiellement visibles, malgré l'ancienneté de la formation. L'extension des roches de ce type dans le Précambrien III du Sud marocain est probable.

La série volcanique du Précambrien III de Tiouine, qui renferme, dans sa partie supérieure, des gisements de manganèse stratiformes (1), comporte, dans sa partie inférieure, une suite de bancs peu puissants (quelques dizaines de mètres au maximum) de roches compactes et dures, séparés par des couches de tufs friables. Ces roches, affleurant sur plusieurs kilomètres, ont l'aspect de laves; leurs « phénocristaux », qui atteignent 2 mm, se détachent sur un fond vitreux rouge, violet, ou gris. Elles ont été considérées, jusqu'ici, comme des coulées de laves rhyolitiques ou dacitiques. Cependant, plusieurs particularités de leur structure microscopique, précisées récemment sur de nombreux échantillons, ont permis de reconnaître leur nature pyroclastique.

1. La pâte renferme des débris de verre de formes variées : en croissant de lune, en faucille, ou filiformes. L. V. Pirsson (2), qui a défini cette structure sous le nom de *vitroclastique*, l'a considérée comme résultant d'un dépôt de fragments d'enveloppes de bulles vitreuses, détachées du magma par l'explosion de gaz et brisées par suite de chocs mutuels.

(1) J. Bouladon et G. Jouravsky, *Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc*, **87**, 1952, p. 55.

(2) *Amer. J. Sc.*, **40**, 1915, p. 191-211.

2. La recristallisation de la pâte peut s'effectuer de deux façons. Parfois les débris de verre recristallisent individuellement en fibres siliceuses et feldspathiques, rangées perpendiculairement à leur bordure ou rayonnantes à partir de quelques points épars sur celle-ci. Mais, le plus souvent, la pâte a recristallisé uniformément, en agrégats felsitiques, ou en sphérolites englobant plusieurs fragments.

3. Les « phénocristaux » de feldspaths, souvent très abondants, sont en grande majorité brisés et parfois émoussés; ceux de quartz le sont moins souvent et ceux de biotite ne sont généralement que tordus.

4. Il se développe parfois dans la pâte une pseudo-fluidalité secondaire, avec aplatissement et orientation des fragments de verre, en particulier autour des débris cristallins.

5. La roche peut renfermer des lentilles de quelques millimètres, allongées suivant cette pseudo-fluidalité, et constituées d'un verre dont la recristallisation et la teinte diffèrent de celle de la pâte qui l'englobe.

6. Enfin, la nature bréchique de la roche est soulignée par la présence de fragments volcaniques variés.

Parmi ces particularités microscopiques, les unes (structure vitroclastique, débris cristallins, nature bréchique), sont caractéristiques des dépôts pyroclastiques en général. Les autres permettent de préciser qu'il s'agit d'*ignimbrites*, terme créé par P. Marshall ([3]) pour désigner des dépôts de nuées ardentes d'un type particulier. Ces roches, étudiées par lui en Nouvelle-Zélande, et déjà observées par C. N. Fenner ([4]) au cours de l'éruption de Katmai (Alaska) ne comprennent — contrairement aux dépôts grossièrement bréchiques des nuées péléennes — que de menus fragments de laves et de cristaux noyés dans une masse de débris et de poussière de verre, l'ensemble ayant été incandescent et visqueux au moment du dépôt.

On observe de plus, dans les ignimbrites étudiées ailleurs (*tufi pipernoïdi* de Campanie, *welded tuffs* de Californie et d'Idaho, *ignimbrites* d'Arménie, etc.), des caractères microscopiques identiques à ceux rencontrés à Tiouine : présence de lentilles aplaties de verre, développement d'une pseudo-fluidalité secondaire superposée à la structure vitroclastique, phénomènes de recristallisation particuliers.

On peut mieux expliquer la formation des roches dures et compactes de Tiouine par la soudure d'éléments encore visqueux que par la consolidation d'une roche formée de particules déjà refroidies; ces dernières, par contre, ont pu former les couches de tufs friables qui séparent les bancs d'ignimbrites.

([3]) *Royal Soc. New Zealand Tr.*, 64, 1935, p. 323-366.

([4]) *Nat. Geogr. Soc., Techn. Papers, Katmai ser*, n° 1, 1923, 74 p.

Les pseudo-laves de Tiouine sont, à notre connaissance, les seules ignimbrites signalées jusqu'à présent dans les formations précambriennes.

Nous avons observé des roches analogues à Tachdamt (région de Bou Azzer), et à Tiouit (Jebel Sarhro), respectivement à 50 km au Sud-Est et à 150 km à l'Est de Tiouine, ce qui laisse supposer une vaste extension géographique des ignimbrites, dans les formations volcaniques du Précambrien III du Sud marocain.

GRAVIMÉTRIE. — *Sur l'équilibre isostatique.* Note de M. **Jean Lagrula**, présentée par M. Pierre Lejay.

L'interprétation des résultats gravimétriques est généralement fondée sur la notion d'équilibre isostatique, dont l'essentiel n'est plus mis en doute. Cependant on observe actuellement une tendance à ne voir dans cet équilibre qu'une loi assez vague, comportant de nombreuses exceptions; conformément à ce point de vue, les zones caractérisées par les anomalies isostatiques importantes sont considérées comme étant en « déséquilibre ».

Or le réajustement qui fait suite à la dernière fusion glaciaire s'effectue à une vitesse énorme par rapport à celles des évolutions géologiques. D'autre part une anomalie, calculée au moyen d'un schéma rudimentaire, peut représenter soit un déséquilibre, soit une inexactitude du schéma. Très souvent des valeurs positives ou négatives correspondent à des densités superficielles supérieures ou inférieures à la moyenne adoptée : elles sont compatibles avec l'équilibre et des corrections « géologiques » seraient de nature à les faire disparaître.

Il semble possible d'interpréter les résultats gravimétriques en suivant un processus strictement conforme au principe de l'isostasie : une fois les anomalies calculées dans un système, on examine leur corrélation avec la structure, et l'on cherche à l'améliorer en retouchant le schéma. Si, même avec le « meilleur schéma », il subsiste des anomalies importantes inexplicables par les données géologiques (l'indétermination de ces dernières ne permet pas de prendre en considération des anomalies de quelques milligals), avant de penser à un déséquilibre, on peut envisager des inexactitudes du schéma, compatibles avec l'équilibre, mais situées à une profondeur dépassant celle des sondages ou extrapolations géologiques : par exemple une bande d'anomalies négatives longeant un littoral à quelques dizaines de kilomètres au large correspondrait à la sédimentation (qui dépose des matériaux légers) et non à un épaississement sialique [1] contraire à l'équi-

---

(1) W. Heiskanen, *The gravity anomalies on the japanese islands...* (*fig. 3 : the earth's crust according to* Schwinner), 1945.

libre; une sédimentation à niveau constant ne ferait que compenser un amincissement sialique (provoqué par des forces de traction horizontale ?); les anomalies des deltas, assez fortes algébriquement malgré la faible densité superficielle, deviennent négatives si l'on adopte pour les calculs de faibles valeurs de l'épaisseur littorale T de l'écorce; l'incompatibilité ([2]) de l'existence de fosses océaniques profondes avec l'équilibre conforme au schéma d'Airy peut être levée grâce à la « couche intermédiaire » des séismologues dont il faudra bien tenir compte un jour en gravimétrie.

Une région particulièrement instructive est celle du littoral algérien. Appelons a_{20} et a_{60} les anomalies (Airy) pour $T = 20$ et $T = 60$ km. La valeur de $a_{20} - a_{60}$, à peu près nulle le long du rivage, passe par un maximum de 25 mgal environ à une cinquantaine de kilomètres à l'intérieur des terres et par un minimum de — 25 mgal environ à la même distance au large. Les profils Nord-Sud sont très sensibles à la valeur de T. Mais, avant d'exploiter cette circonstance, il importe d'assurer l'homogénéité des réseaux gravimétriques terrestre et maritime. Ce dernier a donné lieu à de très importantes recherches ([3]); mais les valeurs de g qui ont été antérieurement adoptées doivent être diminuées de 10 mgal environ pour des raisons d'étalonnage et de 10 mgal environ pour éliminer l'effet Browne. Une troisième diminution risque, si l'on adopte un T petit, d'atténuer encore le caractère positif ([3]) des anomalies, surtout pour une longue bande étroite parallèle au littoral ([2]).

Notre choix pour la valeur de T n'est pas arrêté, mais elle devra vraisemblablement être nettement diminuée; peut-être sera-t-elle inférieure à celle (30 km) de Coster ([4]). Une fois déterminé, le « meilleur schéma d'Airy » pourra être transformé en un autre schéma représentant encore mieux le mode réel de l'équilibre isostatique (respectant ce dernier et plus conforme aux structures connues).

Mais que dire des anomalies négatives énormes (— 100 à — 200 mgal) observées principalement sur des hauts-fonds dans des fosses profondes (Indonésie, Antilles, etc.).

1° Là encore le choix d'une faible valeur de T peut être envisagé. Considérons par exemple une zone océanique étendue où la profondeur s'écarte peu de sa valeur favorite 5 km (deuxième maximum de fréquence de la courbe hypsographique). Les résultats n'y dépendent guère de la valeur de T. Mais sur l'axe d'un haut-fond allongé, de cote nulle, large de 60 km, émergeant de cette zone, les anomalies Airy calculées

---

([2]) S. Lagrula, *Étude gravimétrique de l'Algérie*, Tunisie, 1951.

([3]) Mémoires de B. Hofman et Van Behmlen, *Géologie en Mijnbouw*, août 1952.

([4]) H. P. Coster, *The gravity field of the Western and central Mediterranean. Thèse*, 1945.

pour T = 20 km seraient inférieures de 160 mgal à celles qui correspondent à T = 60 km. Et rien n'oblige à considérer 20 km comme un minimum pour T.

2° La correction « géologique » souvent mal déterminée sur terre, l'est encore plus mal pour le fond des mers.

Conclusion. — Le recours au « déséquilibre » comme explication des anomalies isostatiques ne s'impose pas dans l'état actuel de notre documentation. Il convient de rechercher le schéma fournissant la meilleure image de l'équilibre réel.

OCEANOGRAPHIE. — *Sur la précipitation expérimentale de la calcite dans les vases de la baie de Villefranche-sur-Mer.* Note de Mlle **Claude Lalou**, présentée par M. Charles Mauguin.

Dans une publication sur la corrosion à la mer, R. Legendre (1) a signalé que dans les boursouflures que l'on remarque sur les tôles métalliques immergées dans l'eau de mer se trouvaient des dépôts de carbonates de calcium associés à une flore bactérienne très riche et à une forte odeur nauséabonde d'hydrogène sulfuré.

Ce problème de la précipitation du $CaCO_3$ dans la mer avait déjà été soulevé par de nombreux auteurs qui, dans l'ensemble, se sont tenus à deux explications possibles : 1° Murray et Irvine (2), Nadson (3), Drew (4), Kellerman et Smith (5), Molish (6), Smith (7), Kalantarian et Petrossian (8) lient cette précipitation du carbonate de calcium au cycle des bactéries dénitrifiantes selon la formule

$$(NH_4)_2CO_3 + CaSO_4 \rightarrow CaCO_3 + (NH_4)_2SO_4.$$

Drew attribuait cette précipitation à une bactérie spécifique qu'il nommait *Pseudomonas calcis*.

2° D'autres auteurs dont Legendre et Nadson (9) lient cette précipitation au cycle du soufre par suite du fort dégagement d'hydrogène sulfuré que l'on trouve toujours dans les boues calcaires.

(1) *Revue scientifique*, 15 avril 1938.

(2) *Proc. Roy. Soc. Edinburgh*, 17, 1889, p. 79-109.

(3) *Botan. Centrabl.*, 96, 1904, p. 591-593.

(4) *J. Mar. Biol. Assoc.*, 9, 1911, p. 142-155; *Papers from Tortugas Lab. Carnegie Inst.*, Washington, 5, 1911, p. 7-45.

(5) *J. Wash. Acad. Sci.*, 4, 1914, p. 400-402.

(6) *Centralbl. F. Bakt.*, II, Abt, 33, 1925, p. 55-62.

(7) *Dept. Mar. Biol.*, *Carnegie Inst.*, Washington, 23, 1926, p. 67-72.

(8) *Centrabl. f. Bakt.*, II, Abt, 85, 1932, p. 431-436.

(9) *Arch. f. Hydrobiol.*, 19, 1928, p. 154-164.

Lipmann ([10]) niant l'existence d'une bactérie spécifique de la précipitation du carbonate de calcium, indique deux possibilités d'action : précipitation aux abords de la matière vivante en décomposition et libération de $(NH_4)_2CO_3$ qui donnera $CaCO_3$ à partir de $CaSO_4$ ou bien simplement précipitation par changement de pression de CO_2.

Berkerley ([11]) l'attribue à l'oxydation des sels organiques de calcium selon la formule

$$Ca(COOCH_3)_2 + 4O_2 \rightarrow CaCO_3 + 3CO_2 + 3H_2O$$

tandis qu'un certain nombre d'autres auteurs le lient à des variations de pH.

Au cours d'expériences sur les sulfobactéries faites au Laboratoire de Géologie sous-marine de la Sorbonne sous la direction de J. Bourcart, et à la station zoologique de Villefranche-sur-Mer, j'ai pu mettre en évidence les phénomènes suivants qui me font penser que la précipitation du carbonate de calcium est liée au cycle du soufre :

Lorsqu'on conserve des vases en « cultures aquarium » afin d'étudier le phénomène dans son ensemble et non pas d'isoler les espèces, on constate :

1° Qu'une vase noire du fond de la baie de Villefranche, laissée à la lumière du jour en eau courante, subit peu de changements si ce n'est une légère diminution du contenu en sulfures accompagnée d'un éclaircissement très net de sa teinte, mettant en évidence des phénomènes d'oxydation; une vase identique laissée en eau stagnante subit approximativement la même évolution.

2° Que si à un aquarium identique on ajoute de la matière organique assimilable, en l'occurence du glucose, à un taux de 0,5 g de glucose pour 100 cm^3 d'eau de mer, on obtient au bout du troisième jour de culture, la formation d'un *voile* en surface qui devient de plus en plus cohérent et cassant et qui se montre formé à peu près exclusivement de petits cristaux très bien cristallisés, ceux-ci aux rayons X, ont donné un très beau diagramme de calcite pure. Au bout d'une semaine, toute trace d'oxygène a disparu dans l'eau de mer, un fort dégagement d'hydrogène sulfuré prend place et la teneur en sulfates diminue jusqu'à s'annuler complètement au bout de 26 jours; ce dernier phénomène est accompagné d'une chute brusque de la teneur en H_2S de l'eau et d'un arrêt de la formation du voile de $CaCO_3$.

3° La même expérience a été faite avec addition de sulfate de calcium à l'eau de mer; on retrouve les mêmes phénomènes de façon plus intense, mais avec un retard de trois jours dans l'épuisement des sulfates et de l'arrêt de la formation du voile ainsi que de la chute brusque de la teneur en H_2S dissous dans l'eau.

Des expériences parallèles ont été faites sous couche d'huile de vaseline, sans

---

([10]) *Dept. Mar. Biol. Carnegie Inst.*, Washington, **26**, 1924, p. 231-248.

([11]) *Trans. Roy. Soc. Canada*, 3e série, section 5, **13**, 1919, p. 15-43.

addition de glucose d'une part et avec addition de la même quantité de glucose que précédemment. Dans le premier cas, on n'arrive pas à un épuisement de l'oxygène dissous dans l'eau alors que dans l'autre cas on obtient une très forte concentration en H_2S. La formation du voile dans ce cas n'est pas apparente, mais il semble que la vase elle même devient de plus en plus riche en $CaCO_3$, il se forme, sur les bords de l'aquarium, un dépôt noir disparaissant aux acides avec dégagement d'hydrogène sulfuré.

La quantité de $CaCO_3$ formée a pu être mesurée approximativement, on arrive en un mois à en obtenir environ 2 g pour un aquarium contenant environ 1 kg de vase noire et 3 l d'eau de mer, ce chiffre étant inférieur à la réalité car une partie de ce voile retombe au fond de l'aquarium et enrichit la vase.

Des expériences analogues ont été faites avec une vase beige récoltée par 50 m de fond dans le chenal de la baie de Villefranche, peu riche en sulfures à l'origine; elles nous ont donné un résultat positif avec semble-t-il au départ une migration du fer dans le voile de $CaCO_3$, ce voile en effet, après dissolution dans l'acide chlorhydrique donne une réaction positive au sulfocyanure de potassium.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Proposition d'une unité pour exprimer la concentration en auxines d'un tissu végétal.* Note de M. **Paul-Émile Pilet**, présentée par M. Henri Devaux.

L'emploi du test *Avena*, pour doser les auxines, a entraîné les premiers chercheurs à proposer des unités qui expriment, en fonction de la courbure de la coléoptile, leur concentration. On a préconisé ainsi la *Wuchsstoff Avena-Einheit* (WAE) (1), l'*Avena-Einheit* (AE) (2), l'*Unit* (U) et la *Plant-Unit* (PU) (3), (4), *le degré de courbure total* (T. D. C.) (5) etc. Nous avons relevé (6) les inconvénients que présentent ces unités : *a*. elles ne tiennent pas compte du phénomène d'inhibition; *b*. elles sont liées aux techniques des Laboratoires qui les ont proposées; *c*. elles n'ont pas de signification biologique [1 mg d'hétéroauxine correspond à $2,5.10^7$ AE, c'est-à-dire à un angle de 25000000 degrés (!)]. Nous avons cherché une unité physiologique et pratiquée dans quelques travaux antérieurs (7) à cette Note qui, pour la

(1) P. Boysen-Jensen, *Biochem. Z.*, 239, 1931, p. 243.

(2) F. Kögl, A.-J. Haagen-Smit et H. Erxleben, *Hoope Seyl. Z.*, 214, 1933, p. 241.

(3) F. W. Went, *Proc. k. Akad. Wetensch.*, 32, 1929, p. 35; *Bot. Rev.*, 1, 1935, p. 162.

(4) H. E. Dolk et K. V. Thimann, *Proc. Nat. Acad. Sc.*, 18, 1932, p. 30.

(5) G. S. Avery, H. B. Greigton et B. Shalucha, *Amer. J. Bot.*, 28, 1941, p. 198.

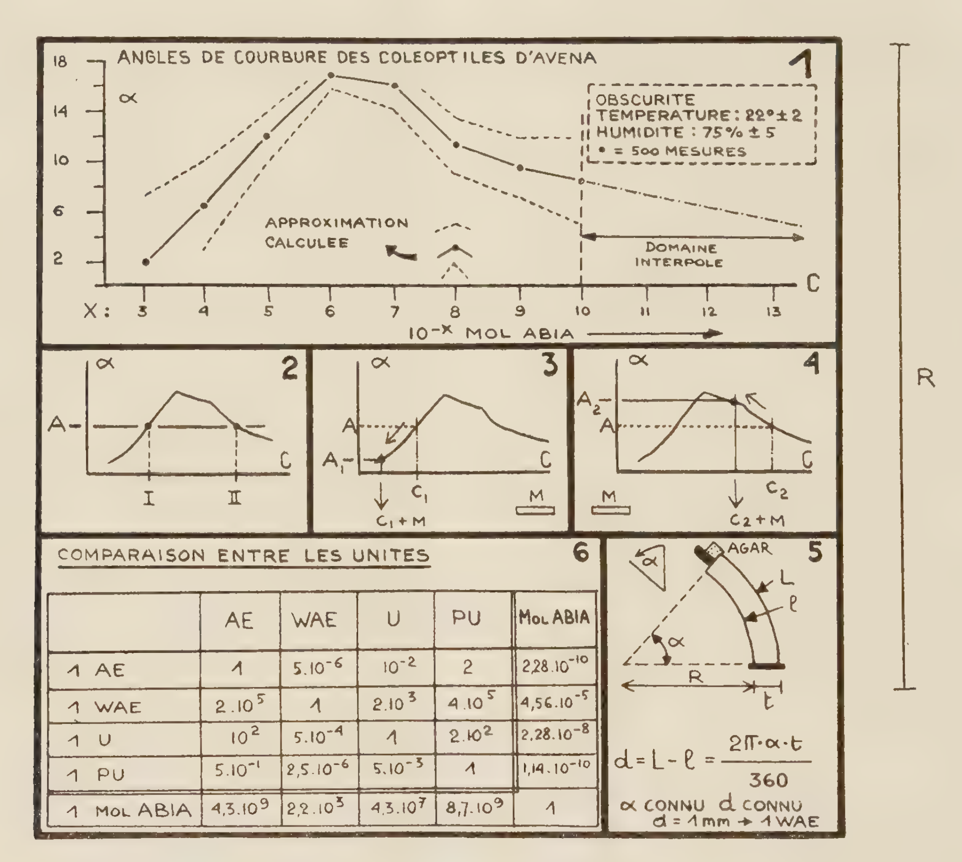
(6) P. E. Pilet, *Mém. Soc. vaud. Sc., nat.*, 10, 1951, p. 137; *Phyton*, 4, 1953, p. 247.

(7) P. E. Pilet, *Bull. Soc. bot. suisse*, 61, 1951, p. 410 et 471; *Experentia* VII/7, 1951, p. 262; *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, 65, 1952, p. 197; *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1352 et 1430; avec S. Meylan, *Bull. Soc. bot. suisse*, 63, 1953, p. 430.

première fois, en résume le principe. Signalons une méthode voisine ([8]) (*Équivalent d'HA*) qui ne permet toutefois qu'une comparaison limitée.

Nous diviserons notre technique en quatre temps (T).

T. 1 : *la coléoptile est étalonnée.* — Préparées selon nos méthodes habituelles, les coléoptiles décapitées reçoivent chacune un bloc d'agar contenant de l'HA en quantité connue exprimée en mol/l; au bout de 100 mn, on détermine l'angle de courbure (*fig.* 1).



	AE	WAE	U	PU	Mol ABIA
1 AE	1	5.10^{-6}	10^{-2}	2	$2{,}28.10^{-10}$
1 WAE	2.10^{5}	1	2.10^{3}	4.10^{5}	$4{,}56.10^{-5}$
1 U	10^{2}	5.10^{-4}	1	2.10^{2}	$2{,}28.10^{-8}$
1 PU	5.10^{-1}	$2{,}5.10^{-6}$	5.10^{-3}	1	$1{,}14.10^{-10}$
1 Mol ABIA	$4{,}3.10^{9}$	$2{,}2.10^{5}$	$4{,}3.10^{7}$	$8{,}7.10^{9}$	1

T. 2 : *dosage des auxines.* — On refait les mêmes opérations, mais cette fois avec des blocs contenant les auxines à doser et l'on mesure l'angle moyen A.

T. 3 : *emploi de la courbe.* — Reportons sur la courbe obtenue en T. 1, A qui correspond à deux valeurs I et II (*fig.* 2), traduites en mol ABIA (nom de la nouvelle unité : mol acide-β-indolylacétique). Laquelle de ces deux valeurs devons-nous adopter ?

T 4 : *traduction en mol ABIA.* — Un certain nombre de blocs auront été préparés avec une faible quantité d'HA($m = 10^{-10}$ mol/l) avant de recevoir les auxines à analyser. Ces blocs donnent un angle différent de A. Deux cas

([8]) J. van Overbeek et J. Bonner, *Proc. Nat. Acad. Sc. Washington*, 24, 1938, p. 260.

peuvent se présenter : *a.* l'angle est plus petit (*fig.* 3), nous étions en I car à la concentration C_1 (inhibition) s'est ajouté mHA; *b.* l'angle est plus grand (*fig.* 4), nous étions en II (C_2+m). La valeur de cet angle dicte le choix de la concentration (C_1 ou C_2) moyenne pour un bloc. S'il contient par exemple 10^{-7} mol ABIA, l'organe qui correspondait à 1 000 blocs, possédera 10^{-4} mol ABIA d'auxines. En concentrant les auxines dans l'agar (10 blocs au lieu de 1000 par organe), on trouvera qu'un bloc correspond environ à 10^{-5} mol ABIA (c'est-à-dire $1/10.10^{-4}$ ou 100.10^{-7}). Cette observation qui justifie l'emploi de toute la courbe d'étalonnement permet ainsi d'éviter les essais préliminaires exigés par la méthode de l'*équivalent* (8).

Quelle est la correspondance entre le mol ABIA et les autres unités? Deux méthodes peuvent être employées :

a. Expérimentalement : comparons le mol ABIA au WAE (technique proche de la nôtre); des blocs enrichis en HA donnent, après 100 mn un angle de 10°,3 (ou $2,5.10^{-5}$ mol ABIA) et après 180 mn un angle de 11°,8 (une relation, (*fig.* 5) entre l'angle et *d*, unité de Boysen-Jensen, nous permet de trouver *d*) *d* vaut alors 0,28 mm ou $2,8.10^{-4}$ WAE. On peut écrire :

$$2,8.10^{-4}\ \text{WAE} = 2,5.10^{-5}\ \text{mol ABIA} \qquad \text{et} \qquad 1\ \text{WAE} = 8,9.10^{-5}\ \text{mol ABIA},$$

valeur proche de celle que nous avons calculée (*voir b*), compte tenu des erreurs d'expérimentation et du fait que les blocs n'ont pas exactement la même dimension.

b. Par le calcul : sachant que 1 mg d'HA (PM 175) correspond à $2,5.10^7$ AE, on peut écrire :

$$10^{-6}\ \text{mol ABIA} = 10^{-6}.175\ \text{mg d'HA} = 2,5.10^{7}.10^{-6}.175\ \text{AE} = 4375\ \text{AE}$$

et par suite

$$1\ \text{AE} = 2,28.10^{-10}\ \text{mol ABIA} \qquad \text{et} \qquad 1\ \text{mol ABIA} = 4,3.10^{9}\ \text{AE},$$

valeur qui nous permet d'établir, connaissant les relations entre les autres unités (9), le tableau de correspondance (*fig.* 6).

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Amas chromatiques, nucléole et synthèse protidique.* Note de M. **Maurice Hocquette**, présentée par M. Roger Heim.

Les noyaux quiescents des axes hypocotylés de courge et de haricot renferment normalement un nucléole volumineux souvent bourgeonnant et des amas chromatiques en nombre beaucoup plus élevé que celui qui correspondrait aux eu-chromocentres.

(9) P. Boysen-Jensen, G. S. Avery et P. R. Burkholder, *Growth hormones in plants.* Mc Graw-Hill, New-York, 1936, p. 27.

Au cours du jeûne les amas se réduisent de taille et de nombre; ce dernier peut devenir nettement inférieur à la caractéristique diploïdique; le nucléole diminue de volume et l'on ne peut plus le distinguer des quelques granules qui persistent dans l'enkylème nucléaire. D'autre part, les amas perdent de leur chromaticité et le nucléole, lorsqu'on peut encore analyser sa structure, ne montre plus de colorable qu'une zone périphérique.

La régénération cellulaire après le jeûne est accompagnée d'une charge du noyau en amas chromatophiles de tailles diverses, certains volumineux, beaucoup plus nombreux qu'avant le jeûne; aucun ne présente de caractères permettant d'y reconnaître le nucléole.

Un nouveau jeûne amène une réduction de taille et de nombre des amas mais les phénomènes sont plus lents que pendant le premier jeûne.

Dans un noyau quiescent le nombre et la taille des amas chromatiques varient donc avec les conditions physiologiques et il s'établirait des états successifs d'équilibre qui s'opposeraient à la stabilité des noyaux interphasiques où les eu-chromocentres sont toujours constants de forme et de taille et où leur nombre est très voisin de $2n$.

Dans un noyau quiescent les eu-chromocentres n'ont donc pas plus d'autonomie que les autres amas chromatiques et le nucléole ne garde pas d'individualité. D'autre part, les amas chromatiques sont tous morphologiquement équivalents entre eux. Mais on peut leur reconnaître une triple origine : ce sont ou bien des eu-chromocentres, ou bien des bourgeons amphophiles détachés du nucléole ou bien de simples condensations de substance chromatique en des points quelconques de l'enchylème nucléaire. Leur nature est la même : concentrations d'acides désoxyribonucléiques au niveau desquelles se synthétise de l'acide ribonucléique; le nucléole lui-même renferme de l'acide désoxyribonucléique réparti surtout à sa surface.

La quantité d'acides désoxyribonucléiques restant, comme nous l'avons montré, constante dans un noyau quiescent — les amas chromatiques surnuméraires ne correspondant donc pas à une polyploïdie — quelles que soient les conditions physiologiques et les aspects nucléaires, la mise en évidence d'une synthèse d'acide ribonucléique pendant la régénération et d'une lyse de cet acide pendant le jeûne qui peut aller pour le nucléole jusqu'à une réaction Feulgen positive faible pour le centre et intense pour le liseré périphérique, l'existence constante d'acide désoxyribonucléique dans les zones de synthèse et la nécessité, semble-t-il, de sa condensation pour que la synthèse ait lieu, prouvent que la présence d'acide désoxyribonucléique est indispensable, et sous une forme granulaire, à la synthèse protidique qu'il dirige sans doute.

L'activité physiologique d'un noyau quiescent se traduit pour le nucléole

par sa richesse en acide ribonucléique et la multiplication des surfaces par bourgeonnement, par la présence d'acide désoxyribonucléique en quantité appréciable d'autant plus grande que la cellule est plus active. D'autre part, il est le siège des mêmes phénomènes de lyse et de synthèse protidique que les autres condensations chromatiques, et son acide désoxyribonucléique subit une déconcentration pendant le jeûne après la disparition de l'acide ribonucléique. On peut par conséquent envisager que le nucléole n'est pas un simple lieu d'accumulation de réserves de substances chromatiques en rapport direct avec la mitose mais une région de synthèse protidique au même titre que les eu-chromocentres et les autres amas chromatiques. Cette synthèse serait liée à la présence d'acides désoxyribonucléiques qui peuvent, comme ceux des eu-chromocentres, se disperser dans l'enchylème nucléaire.

Les acides désoxyribonucléiques peuvent donc se présenter dans un noyau quiescent, et sans qu'il y ait de variations quantitatives, à l'état dispersé et à l'état de granules plus ou moins volumineux (incl. nucléoles). C'est dans ce dernier état qu'ils participeraient à la synthèse de l'acide ribonucléique.

La notion de permanence du taux d'acides désoxyribonucléiques devrait remplacer maintenant celle d'autonomie et d'individualité des chromosomes dans le noyau quiescent. A ce point de vue on pourrait considérer toute une gradation, ce taux restant constant, dans les aspects morphologiques du noyau au repos, toute une gamme dans la catachromase : noyaux interphasiques à chromosomes encore presque distincts lorsqu'une prophase s'organise avant même que la télophase soit terminée, noyaux interphasiques à chromosomes moins distincts et pouvant n'être représentés que par des eu-chromocentres, noyaux quiescents à dispersion de la substance chromatique encore plus accentuée et jusqu'à la persistance de quelques granules seulement. La constance du nombre chromosomique serait la conséquence de la permanence du taux d'acides désoxyribonucléiques.

Le nucléole n'est pas un élément stable du noyau quiescent. Ses acides désoxyribonucléiques peuvent se disperser dans l'enchylème nucléaire et d'autre part il interviendrait dans la synthèse d'acide ribonucléique d'autant plus activement qu'il serait plus riche en acides désoxyribonucléiques. Son rôle ne doit donc pas être ramené à une simple participation de ses acides nucléiques mis en réserve à l'interphase à la constitution de régions chromatiques en prophase. La comparaison des noyaux quiescents et interphasiques montre que ce sont ces derniers qui renferment le moins d'acides désoxyribonucléiques dans leurs nucléoles.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Étude des cystolithes de* Ficus sycomorus. Note de M[lle] **Nicole Pireyre**, présentée par M. Raoul Combes.

Les cystolithes de *Ficus sycomorus* sont calcaires et silliceux et non uniquement silliceux comme le prétendait Kohl. Mais le calcaire, très instable, disparait rapidement dans les feuilles en inanition.

La plupart des cystolithes sont formés par des concrétions calcaires. Cependant, Kohn (1) signale des cystolithes uniquement siliceux chez les Combrétacées et chez *Ficus sycomorus* L. (Moracée). Dans une première Note, nous avons montré qu'il n'existe pas de cystolithes siliceux chez les Combrétacées, mais seulement des poils très particuliers dont l'évolution a été étudiée (2). Le but de cette nouvelle Note est d'étudier le développement et la constitution des cystolithes de *Ficus sycomorus*.

Les feuilles des bourgeons de *Ficus sycomorus* sont protégées chacune par un capuchon stipulaire, caduc et conique, dans lequel on ne trouve jamais de cystolithes. Dans les très jeunes feuilles, encore incluses dans ce capuchon, quelques cellules épidermiques se distinguent de leurs voisines, par leur taille légèrement supérieure. Elles font saillie à l'extérieur et forment des poils courts (*fig.* 1) dont la membrane subit bientôt un épaississement terminal interne (*fig.* 2). Ce sont les futurs lithocystes. Chez les plus jeunes feuilles apparaît en effet, sur l'épaississement formé, une protubérance médiane ou non (*fig.* 3) qui pénètre à l'intérieur du lithocyste et constitue le pédicelle du futur cystolithe (*fig.* 4).

Contrairement à ce qu'on observe chez *Ficus elastica*, une même feuille adulte peut renfermer des cystolithes de différents âges : les uns jeunes et non calcifiés, les autres adultes formés d'un pédicelle et d'un corps globuleux volumineux (*fig.* 5 et 8).

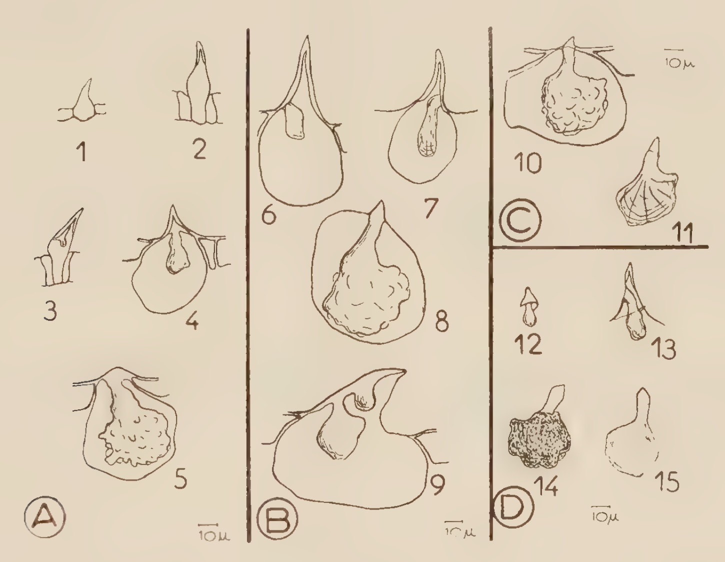
1. Étude de la constitution des cystolithes. — *a. Action de* HCl *dilué.* — *Ficus sycomorus* est un arbre très rare en France et qui n'existe dans aucun des jardins botaniques auxquels nous nous sommes adressée. Les échantillons étudiés proviennent du Liban où il est par contre très fréquent. L'action de HCl a été étudiée dès réception des échantillons, c'est-à-dire deux jours après la cueillette. HCl provoque une forte effervescence chez les cystolithes adultes et laisse apparaître une trame tout à fait comparable à celle de *Ficus elastica* (*fig.* 10 et 11). Cependant la même expérience répétée quelques jours plus tard, provoque une effer-

(1) *Anatomisch-physiologische Untersuchung de Kalksalze und Kieselsaüre in der Pflanze*, Marburg, 1889.

(2) N. Pireyre, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 742.

vescence moins forte, et même très souvent il n'y a plus aucune action avec HCl.

Il semble donc que les cystolithes de *Ficus sycomorus* sont calcaires et non uniquement siliceux. Mais leur calcaire très instable disparaît rapidement quand les feuilles sont en inanition. Cette instabilité du calcaire et la présence de cystolithes jeunes non encore pourvus de calcaire peuvent expliquer l'interprétation de Kohl.



A. — *Évolution des cystolithes :* 1, cellule épidermique transformée en poil; 2, poil ayant subi un premier épaississement terminal interne; 3 et 4, cystolithes jeunes; 5, cystolithe adulte.

B. — *Figures montrant des cystolithes à différents stades trouvés dans une même feuille :* 6 et 7, cystolithes jeunes; 8, cystolithe adulte; 9, cystolithe double.

C. — *Action de* HCl *sur les cystolithes adultes :* 10, cystolithe adulte avant la décalcification; 11, même cystolithe après la décalcification.

D. — *Microincinération des cystolithes à différents stades :* 12 et 13, cystolithes jeunes; 14, cystolithe adulte; 15, même cystolithe après décalcification; il est alors réduit à un fin voile silicaté.

b. Microincinération. — Les cystolithes ne sont jamais biréfringents. Le calcaire s'y trouve donc sous forme amorphe. Le jeune poil, qui donnera le lithocyste, est d'abord biréfringent car il est constitué de cellulose. Mais il perd cette biréfringence à mesure que sa membrane s'imprègne de silice.

c. Étude de la trame. — L'acide phosphorique iodé, le rouge Congo et le rouge de ruthénium montrent que la trame possède des composés pecto-cellulosiques. Ces composés sont difficilement visibles dans le pédicelle qui ne se colore que très faiblement, probablement à cause de sa forte imprégnation de silice.

2. Conclusion. — Contrairement à ce qui est indiqué par Kohl, les cystolithes de *Ficus sycomorus* ne sont pas constitués par de la silice

pure mais par un mélange de calcaire amorphe et de silice comme ceux de *Ficus elastica*. Ils se forment dans des poils à membrane siliceuse, poils qui régressent à mesure que les cystolithes grossissent. La vitesse d'évolution n'est pas la même pour tous les cystolithes d'une même feuille, comme c'est le cas chez *Ficus elastica*, aussi y trouve-t-on des stades différents les uns des autres. Le pédicelle est constitué par des composés pecto-cellulosiques fortement imprégnés de silice. La trame également pecto-cellulosique est incrustée d'un fin voile silicaté. Elle est recouverte de calcaire, amorphe et instable, qui disparaît lorsque les feuilles sont en inanition.

MYCOLOGIE. — *Sur le comportement des haplontes de plusieurs basidiomycètes dans les phénomènes de diploïdisation.* Note de Mme **PAULE TERRA**, présentée par M. Roger Heim.

L'auteur a étudié les phénomènes de diploïdisation chez vingt espèces d'Homobasidiés, et a observé un parallélisme entre la *diploïdisation simple* et le *phénomène de Buller* dans le comportement des haplontes : un haplonte qui ne se laisse pas diploïdiser par un autre haplonte compatible ne se laisse pas davantage diploïdiser par le diplonte compatible.

En culture pure, la diploïdisation du mycélium primaire d'un Basidiomycète peut se réaliser soit sous l'action d'un autre mycélium primaire compatible avec lui, soit sous l'action d'un mycélium secondaire. Ce second mode de formation découvert par A. H. R. Buller [1] dans *Coprinus radiatus* Fr. a été retrouvé dans d'autres espèces du genre *Coprinus* par différents auteurs. De plus, M. Noble [2] l'a signalé chez *Typhula Trifolii*, et H. P. Papazian [3] chez *Schizophyllum commune* Fr. Mais, seul, A. Quintanilha [4], s'adressant à des races géographiques interfertiles, put faire l'analyse génétique de la descendance des fructifications obtenues sur le mycélium diploïdisé de *Coprinus radiatus* Fr., et démontrer que l'on retrouvait dans le mycélium diploïdisé un des noyaux du mycélium secondaire diploïdisant.

Récemment, utilisant la même méthode que Quintanilha, nous avons prouvé la possibilité de la diploïdisation d'un mycélium primaire par un mycélium secondaire (*phénomène de Buller*) chez *Cytidia flocculenta* Fr., *Leucoporus brumalis* Pers. et *Schizophyllum commune* Fr. Mais nous n'avons pu faire cette étude génétique pour un certain nombre d'autres espèces,

(1) *Researches on Fungi*, 4, 1931, p. 187.
(2) *Ann. Bot.*, 2e série, 1, 1937, p. 67-98.
(3) *Bot. Gaz.*, 112, 1950.
(4) *Bol. Soc. Broteriana*, 2e série, 13, 1938-1939, p. 425-486.

soit parce que celles-ci ne fructifiaient pas en culture pure, soit parce que nous ne possédions pas pour chacune deux souches interfertiles.

Les confrontations entre haplontes compatibles et entre haplontes et diplontes ont été faites sur des disques gélosés en boîtes de Pétri.

Pour chaque espèce nous avons étudié le comportement d'un représentant au moins de chaque groupe de polarité.

Dans certaines confrontations de deux haplontes compatibles, les anses d'anastomose n'apparaissent que sur l'un des mycéliums primaires, toujours le même. C'est ce phénomène que Brodie a étudié chez *Cyathus stercoreus* (5) et auquel il a donné le nom de *diploïdisation unilatérale*. D'après nos observations l'haplonte qui n'acquiert pas de boucles en présence d'un haplonte compatible n'en acquiert pas davantage en présence du diplonte compatible. Nous avons rencontré ces mycéliums particuliers chez *Lentinellus ursinus* (Fr.) où quatre monospermes sur sept ne se laissent pas diploïdiser, chez *Mycena flavoalba* (Fr.) et *Stereum Chailletii* (Pers.).

Mais, souvent, comme l'a remarqué Brodie chez *Cyathus stercoreus*, certains haplontes n'ont pas un comportement franchement unilatéral : leur culture présente des boucles, mais beaucoup plus tardivement que les autres monospermes de la même espèce. Ainsi chez *Stereum purpureum* (Pers.), si, sous l'action d'un haplonte ou du diplonte compatibles, quatre monospermes sont diploïdisés rapidement, deux ne le sont que lentement. De même chez *Marasmius rotula* Scop., *Marasmius androsaceus* (L.), *Mycena hæmatopus* (Pers.), *Mycena amicta* (Fr.), *Poria mucida* (Pers.) sensu Bourdot, *Irpex fuscoviolaceus* Fr., certains mycéliums primaires sont diploïdisés beaucoup plus lentement que d'autres.

Enfin, chez une souche de *Leucoporus brumalis* (Pers.), nous avons rencontré six monospermes qui se laissent diploïdiser rapidement, trois lentement, et deux pas du tout; chez *Crinipellis stipitarius* (Fr.), sur les quatre haplontes expérimentés, deux sont rapidement transformés en mycélium secondaire, un n'acquiert des boucles que tardivement, l'autre se comporte unilatéralement.

Dans d'autres cas, tous les mycéliums primaires étudiés ont présenté des anses d'anastomose à la périphérie de leur culture. Il en est ainsi pour 19 haplontes d'une autre souche de *Leucoporus brumalis* (Pers.), pour huit de *Clitocybe lituus* (Fr.), espèce tétrapolaire selon R. Kühner (inédit), pour les six monospermes d'une souche de *Cytidia flocculenta* Fr., pour quatre de *Marasmius scorodonius* Fr., et pour les deux haplontes considérés de chacune des trois espèces bipolaires suivantes : *Polyporus*

(5) H. J. Brodie, *Ann. J. Bot.*, 35, 1948, p. 312-320.

marginatus Fr., *Coriolus hirsutus* (Wulf.), et *Peniophora setigera* (D. C.).

Dans toutes les confrontations que nous avons effectuées nous avons observé un parallélisme parfait entre le comportement d'un haplonte donné vis-à-vis d'un haplonte compatible et son comportement en présence du diplonte compatible.

Nous avons aussi tenté de diploïdiser les mycéliums primaires de quelques espèces par le diplonte incompatible. Aucune diploïdisation « illégitime » ne s'est produite chez *Leucoporus brumalis* (Pers.), *Clitocybe lituus* (Fr.), *Stereum purpureum* (Pers.) et chez une souche de *Schizophyllum commune* Fr. Par contre des anses d'anastomose sont apparues dans certaines confrontations chez une autre souche de *Schizophyllum commune* et chez une de *Cytidia flocculenta* Fr.

Enfin, nous venons de constater que des haplontes européens non luminescents de *Panus stipticus* (Bull.) se transforment en diplonte luminescent en présence d'un mycélium secondaire luminescent d'origine américaine.

Nous pensons qu'ici aussi il y a eu diploïdisation du mycélium primaire par le mycélium secondaire.

En effet, nous ne croyons pas à la possibilité d'une invasion par le diplonte du territoire déjà occupé par l'haplonte, car chez les monospermes à comportement unilatéral et dans les cas très nombreux où les haplontes n'ont pas été diploïdisés par des diplontes incompatibles, nous n'avons jamais observé une telle invasion.

PHYSIQUE VÉGÉTALE. — *Sur l'ouverture des stomates d'* Aponogeton distachyus *L. dans les solutions acides par imbibition protoplasmique.* Note de M. **Igor Mouravieff**, présentée par M. Roger Heim.

Les stomates isolés d'*A. d.*, contrairement à ce qu'on pouvait supposer, s'ouvrent dans les solutions acides de pH 3,5 environ. On montre que l'absorption de l'eau, due à l'imbibition protoplasmique, peut se faire dans les solutions acides de mannitol contre les gradients de concentration. La « force » de rétention de l'eau par cette imbibition peut atteindre 5-6 atm.

Dans un Mémoire en cours de publication ([1]) nous montrons que, contrairement à ce qui a été décrit pour diverses espèces, les stomates d'*Aponogeton distachyus* L. s'ouvrent largement dans les solutions acides de pH 3,5 environ, pourvu que les solutions ne soient pas toxiques pour les cellules. Il a paru intéressant de déterminer la force d'aspiration de l'eau qui semble aussi se retrouver chez les stomates d'autres espèces.

Les coupes paradermales de feuilles d'*Aponogeton distachyus* ayant les stomates fermés, sont d'abord placées pendant 20 mn sur une solution de man-

([1]) I. Mouravieff, *Ann. de l'Université de Lyon*, 1954 (*sous presse*).

nitol ([2]) à diverses concentrations; ensuite le diamètre des stomates isolés est mesuré. Une partie des coupes sont transférées *sur* une solution tampon phosphate acide de pH 3,5 (6 mM KH_2PO_4 + N/10 HCl) contenant la même concentration de mannitol. Les coupes témoins sont également placées *sur* une solution de mannitol contenant la même dose de KH_2PO_4, mais sans acide et dont le pH est 5,4. Les deux lots de coupes sont maintenus alors 4 h à l'obscurité à 26°C. A la fin de l'expérience *les mêmes* stomates isolés sont mesurés une seconde fois dans les deux lots de coupes. Les résultats sont comparés aux premières mesures (Tableau I).

TABLEAU I.

Comportement des stomates isolés dans des solutions de phosphate monopotassique, avec ou sans acide chlorhydrique, additionnées de mannitol à diverses concentrations.

Tampon phosphate pH (3.5).	Variations du diamètre des stomates après 4 h de séjour (%).	Solution de phosphate monopotassique (pH 5,4).	Variations du diamètre des stomates après 4 h de séjour (%).
Sans mannitol........	+15	Sans mannitol	0
Avec 0,1 M mannitol...	+ 6	Avec 0,1 M mannitol	—1
» 0,2 » ...	+ 5	» 0,2 »	—3
» 0,3 » ...	+ 4	» 0,3 »	—3
» 0,4 » ...	+ 4	» 0,4 »	—3
» 0,5 » ...	Altérations des cellules stomatiques	» 0,5 »	Plasmolyse

On voit tout de suite que, pour toutes les concentrations ne provoquant pas d'altérations, les stomates s'élargissent légèrement dans les solutions avec l'acide, tandis que dans les solutions témoins sans acide, il y a au contraire un léger rétrécissement qui indique que la déshydratation par le mannitol continue à se produire encore après les 20 mn du traitement préliminaire. L'élargissement des stomates dans les solutions plus acides se fait donc contre l'osmose.

Malheureusement, le gradient de concentration correspondant à la force d'aspiration de l'eau dans les solutions acides avec mannitol n'a pas pu être déterminé par suite de la lésion des cellules dans les solutions concentrées de mannitol dans le tampon. Aussi avons-nous tenté de l'évaluer d'une autre manière au cours d'une seconde série d'expériences.

([2]) D'après Burström ce corps présente des avantages dans les mesures osmotiques d'une certaine durée, par suite de sa pénétration extrêmement faible. Toutefois, dans les expériences de courte durée nous avons utilisé aussi les solutions de glucose.

Les coupes sont également partagées en deux lots. Le lot témoin est maintenu 4 h à l'obscurité à 26° sur de l'eau bi-distillée contenant 6 mM de KH_2PO_4. Le second lot est maintenu 4 h dans les mêmes conditions sur la solution acide qui contient 6 mM de KH_2PO_4 et une quantité de HCl suffisante pour donner une solution de pH 3,5. Au bout de ce temps on mesure une seconde fois les mêmes stomates isolés, dans les deux lots, on place les coupes pendant 20 mn sur des solutions de glucose à diverses concentrations. On fait une troisième mesure de la largeur des stomates (Tableau II). Ici encore, les stomates maintenus sur la solution additionnée d'acide montrent, par rapport aux témoins, une nette augmentation de la résistance à la déshydratation par les solutions de glucose.

TABLEAU II.

Comportement des stomates dans les solutions de glucose après un séjour de 4 h sur les solutions de phosphate.

Solutions expérimentales.	Variations du diamètre des stomates après 4 h (%).	Concentration de la solution de glucose.	Diminution du diamètre des stomates (%).
		0,20 M	−10,7
Tampon phosphate (pH 3,5)	+15	0,25	−16,5
		0,30	−18,3
		0,20	−3
Solution de phosphate monopotassique (pH 5,4).	0	0,25	−6
		0,30	−7,6

Si l'on cherche parmi les concentrations du glucose dans ce tableau, celle qui, par l'action déshydratante, ramène le diamètre des stomates à la valeur qu'il avait avant l'expérience, on trouve que c'est la solution d'environ 0,22 M, correspondant à une pression osmotique de 6 atmosphères qui est la plus proche.

La « force » de rétention de l'eau des stomates ouverts dans la solution acide, se trouve donc de 6 atmosphères supérieure à celle des mêmes stomates au début de l'expérience et à celle des témoins.

L'absorption d'eau observée dans la solution tampon acide, par rapport aux témoins, ne nous paraît pas d'ordre osmotique parce que nous n'avons pu déceler d'hydrolyse de l'amidon et il nous semble impossible que la cellule ait pu absorber suffisamment de K pour élever sa valeur osmotique de 6 atmosphères.

D'ailleurs, dans les solutions ne contenant que de l'acide acétique très dilué, les stomates s'élargissent également.

CYTOLOGIE. — *Étude cytologique des segments internes des cellules visuelles de quelques Batraciens Anoures.* Note de Mlle **Nina Carasso**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Matériel et technique. — Notre étude a porté sur le segment interne des cellules visuelles de *Rana temporaria*, *R. esculenta* et *Alytes obstetricans*. Les résultats obtenus par colorations électives sur matériel fixé ont été vérifiés par des colorations vitales effectuées *in vitro* sur des rétines conservées dans le milieu suivant : liquide provenant de la centrifugation de broyat de têtards dans de la solution de Ringer, 1 vol; solution de Ringer, 3 vol.

Partie distale du segment interne. — On sait que dans la partie distale du segment interne se trouve une formation nommée ellipsoïde.

Levi (1914), chez la Salamandre, avait localisé dans l'ellipsoïde les mitochondries des cellules visuelles (1). Cette opinion a été récemment confirmée par les images obtenues en microscopie électronique par Sjöstrand, 1953 (2) et par les travaux d'Elfvin (1953) (3) sur les bâtonnets du Cobaye.

Nous avons obtenu des résultats analogues dans les cellules visuelles des Anoures précédemment cités : les colorations à la fuschine anilinée d'Altmann, à l'hématoxyline de Regaud ou de Heidenhain, et surtout la coloration de Benda au violet cristal après fixation au liquide de Benda ou au Flemming non acétifié nous ont révélé la présence de granules mitochondriaux dans l'ellipsoïde des cellules visuelles. De même les imprégnations argentiques suivant la technique de Galiano, sur matériel fixé au formol et coupé à congélation, et les colorations vitales *in vitro* au vert Janus B de Grübler.

Cependant, certaines différences peuvent être observées entre ellipsoïdes des cônes et des bâtonnets : 1° sur coupes fixées et colorées, les mitochondries des cônes ont des affinités tinctoriales beaucoup plus marquées que celles des bâtonnets et apparaissent souvent franchement colorées alors qu'aucune structure n'est visible, sur la même coupe, dans l'ellipsoïde des bâtonnets; 2° l'ellipsoïde des cônes contient, outre les mitochondries, une enclave lipidique arrondie située à un niveau variable. Autour de cette dernière se situent de gros granules très chromophiles,

---

(1) *Anat. Anz.*, 47, 1914, p. 192.
(2) *Nature*, 171, 1953, p. 30-31.
(3) *Exp. Cell Research*, 5, 2, 1953, p. 554-556.

visibles par les colorations de Mallory, de Dominici, etc. et qui semblent de constitution chimique un peu différente de celle des mitochondries dispersées dans l'ellipsoïde.

Ces différences traduisent sans doute le fait que les transformations chimiques auxquelles participent les mitochondries ne sont pas identiques dans les deux sortes de photorécepteurs. Les recherches histochimiques de Berger et Segal, 1949 ([4]), détectant des caroténoïdes dans l'ellipsoïde des cônes (et dans leur enclave lipidique), mais non dans celle des bâtonnets, appuient cette manière de voir.

Partie proximale du segment interne. — Dans le cytoplasme compris entre l'ellipsoïde et le noyau de la cellule visuelle s'étend une zone fortement basophile, située surtout contre le bord proximal de l'ellipsoïde. Le bleu de toluidine, dans la technique de Dominici, sur des préparations fixées au Bouin-Hollande ou au Helly, colore fortement cette région; de même la thionine dans la technique de Greenfield pour la mise en évidence des corps de Nissl. La zone basophile sous-ellipsoïdale est également colorée, dans des cellules conservées dans le milieu nutritif dont nous avons donné la composition, par le bleu brillant de crésyle (oxazine) et par l'azur de méthylène II (thiazine), le premier de ces colorants donnant les images les plus nettes.

Cette zone est mise en évidence d'une manière très constante, par les techniques indiquées ci-dessus, dans les cônes comme dans les bâtonnets. Son bord proximal épouse le contour distal de l'ellipsoïde. Son bord distal est irrégulier et se situe à un niveau variable du cytoplasme du segment interne; une traînée de substance basophile s'en détache souvent, qui traverse longitudinalement le cytoplasme jusqu'au noyau. La basophilie de cette zone et ses rapports topographiques avec le noyau suggèrent qu'elle pourrait représenter la substance de Nissl, dont l'existence, d'après certains auteurs ([5]), serait en rapport avec l'activité nucléolaire. Une étude au microscope électronique nous permettra sans doute, par comparaison avec d'autres travaux ([6]), de confirmer ou d'infirmer cette manière de voir.

Une autre hypothèse serait que le métabolisme de la substance basophile serait en relation avec celui du glycogène dans la cellule (*cf.* Bernhard, Gautier et Oberling, 1951) ([7]).

L'étude plus approfondie de ces diverses structures du segment interne des cellules visuelles et de leurs rapports réciproques est en cours.

([4]) *C. R. Soc. Biol.*, 143, 1949, p. 308-309.

([5]) M. L. Barr et E. G. Bertram, *J. Anat.*, 85, 2, 1951 p. 171-181.

([6]) F. Haguenau et W. Bernhard, *Exp. Cell Research*, 4, 2, 1953, p. 496-498.

([7]) *C. R. Soc. Biol.*, 145, 1951, p. 566-569.

NUTRITION. — *Effet de l'alcool éthylique sur la perte intestinale et sur la perte rénale d'azote au cours de l'inanition azotée.* Note de Mlle **Denise Hugot**, MM. **Jean Causeret** et **Michel Flanzy**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

L'alcool éthylique ne modifie pas la perte d'azote endogène intestinale. Par contre, son administration entraîne une élévation transitoire de la perte d'azote endogène rénale qui redevient, ensuite, très vite normale, même si l'administration d'alcool se poursuit. Il semble que cette élévation ne s'explique qu'en partie par un effet de « lavage » des déchets du catabolisme azoté présents dans le sang et dans les tissus.

Les recherches consacrées, jusqu'ici, à l'influence de l'alcool éthylique sur la perte azotée de l'organisme n'ont pas conduit à des résultats concordants.

D'après K. Miura (1) et A. Galamini (2), la substitution isodyname d'alcool à une partie des glucides de la ration se traduit, chez l'Homme et le Rat, par un bilan azoté moins favorable. D'autres expérimentateurs reconnaissent à l'alcool une action d'épargne sur les protides lorsque la ration est énergétiquement insuffisante (3). J. Mèlka (4) observe, chez l'Homme, que l'administration d'alcool, 15 heures après un repas pauvre en protéines, entraîne une élévation de la perte azotée urinaire ne dépassant pas celle que provoque l'administration de volumes d'eau identiques.

Nous avons repris l'étude du problème en suivant, *au cours du temps*, l'effet de l'alcool, du vin et de l'eau sur la perte azotée du Rat.

Durant 30 jours, 40 rats mâles de 200 à 300 g, répartis en 4 lots, reçoivent un régime ternaire à base d'*amidon* (50 %), de *saccharose* (32 %), d'*huile d'arachide* (12 %), de *mélange salin de Hubbel* (4 %), d'*agar-agar* (2 %) et de *vitamines*. Ce régime contient 40 mg d'azote pour 100 g.

Les études métaboliques commencent le sixième jour et comportent cinq périodes de cinq jours, au cours desquelles on détermine les ingesta et les excreta. A partir de la deuxième période, les boissons sont administrées à la dose quotidienne de 6 cm³ pour 100 g de poids corporel, en deux intubations :

lot I : pas de boisson (animaux témoins);

lot II : solution d'alcool éthylique de 10° :

lot III : vin rouge naturel de Treilles (Aude), de la récolte 1952, tirant 10,5°, et ramené à 10° par addition d'eau distillée;

lot IV : eau distillée.

L'azote fécal et l'azote urinaire sont déterminés par microkjeldahl.

---

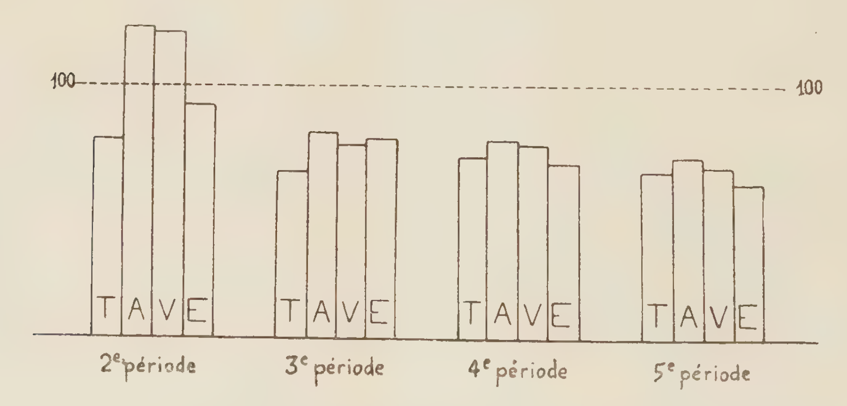
(1) *Ztschr. für Biol.*, 20, 1892, p. 137.

(2) *R. Ac. Naz. dei Lincei*, 7, 1928, p. 526.

(3) On trouvera une critique de leurs travaux dans E. F. Terroine et R. Bonnet, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 11, 1929, p. 1223.

(4) *C. R. Soc. Biol.*, 141, 1947, p. 518.

	N ingéré (mg/jour).	N fécal (mg/jour).	N urinaire (mg/jour).	N éliminé (mg/jour).	Balance azotée (mg/jour).
Lot I (témoins)					
1re période	4,48	15,28	43,51	58,79	—54,31
2e »	5,10	15,54	34,20	49,74	—44,64
3e »	4,54	14,64	28,77	43,41	—38,87
4e »	4,29	14,77	31,33	46,10	-41,81
5e »	4,40	13,07	28,93	42,00	37,60
Lot II (alcool)					
1re période	5,17	15,91	44,23	60,14	—54,97
2e »	3,43	13,29	54,35	67,64	—64,21
3e »	4,36	13,88	36,08	49,96	—45,60
4e »	3,95	12,45	35,07	47,52	—43,67
5e »	3,62	12,89	32,09	44,98	-41,36
Lot III (vin)					
1re période	5,12	17,83	44,80	62,63	—57,51
2e »	2,91	16,92	54,18	71,10	—68,29
3e »	3,81	18,25	34,78	53,03	—49,22
4e »	4,05	16,19	34,69	50,88	—46,83
5e »	3,80	16,05	30,62	46,67	—42,87
Lot IV (eau)					
1re période	4,90	17,43	45,96	63,39	-58,49
2e »	5,27	17,52	42,16	59,68	—54,41
3e »	5,00	15,00	36,36	51,36	—46,36
4e »	4,80	14,83	32,10	46,93	—42,13
5e »	4,50	13,35	28,56	41,91	-37,41



Évolution de l'élimination azotée urinaire au cours du temps.

T = Témoins, A = Alcool, V = Vin, E = Eau.

L'élimination azotée urinaire de la première période (sans administration de boissons) a été posée conventionnellement égale à 100 pour chacun des quatre lots.

1° D'après le tableau, l'alcool éthylique (sous forme de dilution alcoolique ou de vin) ne modifie pas la perte intestinale d'azote endogène.

Par contre, il entraîne tout d'abord une nette élévation de la perte rénale d'azote endogène (¹). Mais cette élévation est transitoire, elle disparaît pratiquement dans les quatrième et cinquième périodes (*voir* la figure).

2° Cette élévation transitoire de l'élimination azotée sous l'influence d'une dilution alcoolique ou du vin est supérieure à celle que provoque l'administration d'eau. Il ne semble donc pas qu'elle puisse s'expliquer par un simple phénomène physique de « lavage ».

GÉNÉTIQUE ÉVOLUTIVE. — *Conditions d'équilibre d'un couple d'allèles et supériorité des hétérozygotes*. Note de M. **Georges Teissier**, présentée par M. Louis Fage.

L'étude des populations expérimentales de Drosophiles montre que les valeurs sélectives des divers génotypes ne sont pas indépendantes de leurs fréquences. L'équilibre entre deux allèles n'implique pas que l'hétérozygote ait une valeur sélective supérieure à celle des deux homozygotes.

Les formules qui permettent de prévoir les variations qui s'observent, en une génération, dans les fréquences des différents allèles d'un même gène, font correspondre à chacun des génotypes présents dans la population une *valeur sélective* particulière, que mesure le nombre moyen de descendants laissés à la génération suivante par les représentants de ce génotype. Dans le cas le plus simple, Δp, variation de la fréquence de A d'une génération à la suivante, en l'absence de mutation et de sélection, est donnée par la relation :

$$\Delta p = pq\frac{(\sigma_1-\sigma_2)p+(\sigma_2-\sigma_3)q}{\sigma_1 p^2+2\sigma_2 pq+\sigma_3 q^2},$$

p étant la fréquence de A; q celle de a; σ_1, σ_2 et σ_3 les valeurs sélectives respectives de AA, Aa et aa, supposées les mêmes pour les deux sexes (¹).

Il est bien établi que les σ peuvent varier très largement avec la nature et l'intensité des facteurs sélectifs auxquels est soumise la population considérée, et avec les conditions d'existence dans lesquelles elle se trouve placée. On sait aussi que ces paramètres dépendent de la nature des allèles par lesquels sont représentés d'autres gènes que ceux sur lesquels porte l'observation, mais on ignore, en revanche, presque complètement dans quelle mesure ils peuvent varier avec les fréquences des génotypes en présence. Faute d'information sur ce point essentiel, on admet qu'en général, l'évolution d'une population se fait à valeur sélective constante.

(¹) Bien que le régime utilisé ne soit pas complètement privé d'azote, nous croyons pouvoir parler ici de la « perte azotée endogène », en raison de la faiblesse des quantités d'azote ingérées par rapport aux quantités éliminées.

(¹) *Voir* par exemple : G. Teissier, *Revue Scientifique*, **82**, 1944, p. 145-149.

Les conséquences de cette dernière hypothèse sont bien connues. Si elle est exacte et en l'absence de mutations, il ne peut exister d'équilibre stable entre A et *a*, pour des fréquences différentes de 0 et de 1, que si l'hétérozygote a une valeur sélective supérieure à celle de l'un et de l'autre des deux homozygotes. Cette conclusion est devenue classique et l'on tient souvent pour établi que le polymorphisme génétique, apparent ou caché des populations naturelles doit être expliqué essentiellement par la supériorité des hétérozygotes sur les homozygotes. Cette interprétation des faits serait probablement légitime, si les facteurs sélectifs, prédominants dans la nature, étaient toujours des facteurs physiques ou climatiques, dont l'action peut être indépendante de la densité de la population. Il n'en va pas nécessairement de même dans les cas fort nombreux où les équilibres sont conditionnés par les interactions des organismes, et, en particulier, lorsque la sélection est une conséquence de la concurrence pour la place et pour l'aliment. La confrontation de l'ensemble des résultats obtenus par une très longue étude des populations expérimentales de Drosophiles, montre en effet très clairement que leur évolution ne s'effectue pas à valeur sélective constante [2].

Pour trois des quatre gènes les plus soigneusement étudiés B, *e* et *se*, il n'a pas été possible de trouver un système de valeurs constantes pour σ_1, σ_2 et σ_3 qui puisse rendre compte de bout en bout de l'évolution d'une population mutante dans laquelle ont été introduites quelques Drosophiles de type sauvage. Qu'il s'agisse de B, qui finit toujours par disparaître totalement, de *se* ou de *e*, qui, après quelques dizaines de générations se stabilisent à un niveau sensiblement constant, les valeurs numériques des σ qui permettent d'ajuster la partie de la courbe correspondant aux fréquences les plus élevées du mutant, ne rendent que très imparfaitement compte de la fin de l'évolution de la population. L'ajustement fait pour les fréquences moyennes introduit des erreurs systématiques aux deux extrémités de la courbe, tout se passant comme si un même homozygote avait une valeur sélective plus élevée quand il est rare, que lorsqu'il est abondant.

Pour les populations renfermant le gène *vg*, dont la fréquence décroît à l'origine avec une extrême rapidité, un ajustement à σ constants de la plus grande partie de la courbe paraît possible, mais un test direct montre que la probabilité de survie des *vg.vg* est beaucoup plus grande quand la fréquence des œufs *vg.vg* est 0,25 que lorsqu'elle atteint 0,50.

Ces faits, que confirment indirectement les expériences de concurrence interspécifique faites sur différents insectes, ne permettent pas encore d'émettre une hypothèse sur la forme de la loi de variation des valeurs sélectives en fonction des fréquences des génotypes en présence. Mais l'équation donnée plus haut

---

(2) Ph. L'Héritier et G. Teissier, *C. R. Soc. Biol.*, **117**, 1934, p. 1049; **124**, 1937, p. 880; G. Teissier, *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 241 et 327; **224**, 1947, p. 676 et 1788.

montre qu'il suffit de toute façon, pour qu'existent un ou plusieurs équilibres stables, que, pour $\sigma_1 \neq \sigma_2 \neq \sigma_3$, l'on ait $\sigma_2 > \sigma_3$, lorsque p est voisin de 0 et $\sigma_2 > \sigma_1$, lorsque p est voisin de 1; et que, pour $\sigma_2 = \sigma_1$ ou $\sigma_2 = \sigma_3$, l'on ait $\sigma_1 > \sigma_3$ pour p voisin de 0 et $\sigma_1 > \sigma_3$, pour p voisin de 1. Il suffit ainsi, pour que deux allèles puissent persister indéfiniment en présence l'un de l'autre, que l'hétérozygote ait une valeur sélective supérieure à celle de l'homozygote le plus abondant, condition qui peut être réalisée par des couples d'allèles pour lesquels l'hétérozygote est toujours intermédiaire entre les deux homozygotes; il suffit aussi pour un gène dominant, que la sélection favorise l'homozygote rare quel qu'il soit.

Ces résultats, essentiellement différents de ceux que l'on obtient en admettant la constance des valeurs sélectives, montrent qu'il est au moins imprudent de conclure de l'équilibre entre deux allèles à la supériorité de leur hétérozygote. Ils incitent à reprendre, sur de nouvelles bases, l'étude des conditions d'équilibre de plusieurs systèmes d'allèles.

BIOLOGIE. — *Influence de la rétention expérimentale de la soie sur la métamorphose de* Galleria mellonella (*L.*). Note (*) de M. **Paul Allegret**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Les premiers essais de blocage du rejet de la soie réalisés chez *Galleria mellonella* (L.) ([1]) par cautérisation de la filière, nous ont montré qu'une étude systématique devait être entreprise, d'une part en fonction du moment où avait lieu ce blocage (la larve de *Galleria* tisse un important cocon avant la nymphose mais émet de la soie pendant toute sa vie larvaire) et d'autre part, en fonction de l'alimentation offerte aux larves (importantes variations quantitatives de l'émission de soie) ([2]).

Le blocage du rejet de soie a été réalisé dans tous ces essais par brûlure de la filière au moyen d'un électrocautère de très faible inertie thermique (fil de platine de 2/100 de millimètre sous 3 et 4,5 V) qui évite tout choc opératoire.

Nous ne donnerons ici que les résultats relatifs aux opérations effectuées au dernier âge larvaire.

Lorsque l'alimentation offerte aux larves à ce moment n'apporte pratiquement pas de protides (cire purifiée), la cautérisation peut être pratiquée dès le début du stade sans entraîner ni modification du comportement alimentaire ni changement dans l'évolution de la nymphose. Les témoins ne produisent d'ailleurs qu'une très faible quantité de soie et la rétention

(*) Séance du 25 janvier 1954.

([1]) *Actes VIIe Congrès Seric. Intern.* Alès, 1948.

([2]) *Comptes rendus* 233, 1951, p. 441.

ne se traduit chez les opérés que par quelques difficultés dans le rejet de l'exuvie nymphale et par une production plus abondante de méconium par le papillon.

Lorsque l'alimentation (cire d'abeille et pollen) comporte des substances azotées, la cautérisation de la filière, pratiquée au début du dernier stade, amène des modifications du comportement alimentaire. La larve opérée perd de l'appétit 36 ou 48 h après la cautérisation, au moment où les témoins émettent une importante quantité de soie, et des cas de cannibalisme sont observés chez les sujets groupés. La nymphose peut cependant se produire en temps normal.

Pour éviter toute modification du comportement nous n'avons bloqué que la soie correspondant à la construction du cocon en opérant les larves après la période d'alimentation. La rétention de soie effectuée à ce moment n'entrave pas la mue nymphale chez *Galleria* comme nous l'avons constaté lors des opérations homologues sur *Bombyx mori*. La presque totalité des sujets effectuent une mue nymphale, mais celle-ci est retardée (retard individuellement variable) et précédée d'un important rejet d'excrétas produits par les tubes de Malpighi. Ces excrétas très riches en urates apparaissent après le vidage du tube digestif trois jours après la cautérisation.

Les nymphes provenant de larves opérées poursuivent en général leur évolution mais les imagos sont souvent (40 à 60 % des sujets) incapables d'effectuer la mue imaginale et périssent à l'intérieur du tégument nymphal.

Des bilans azotés individuels (dosages de l'azote total des nymphes, de la soie et des excrétas) réalisés sur des sujets normaux et sur des opérés, ainsi que des dosages complémentaires sur les glandes séricigènes au moment de la cautérisation et trois jours plus tard, nous ont permis de préciser le rôle des glandes séricigènes et celui des tubes de Malpighi.

La cautérisation de la filière n'entrave pas immédiatement le fonctionnement des glandes séricigènes. Celles-ci continuent à accumuler de la soie, mais ne sont pas capables d'emmagasiner une quantité de sécrétion équivalente au cocon. Les tubes de Malpighi complètent quantitativement cette élimination en transformant en urates les substances qui auraient été rejetées sous forme de soie. Cette dégradation des acides aminés est plus lente que leur blocage sous forme de protéines complexes (soie). D'autre part les glandes séricigènes subissent une histolyse complète lors de l'évolution de la nymphe et libèrent alors dans le sang une importante quantité de soie. Cette masse protidique est transformée ici encore par les tubes de Malpighi et nous retrouvons son équivalent sous forme de méconium rejeté en supplément par les imagos.

Ainsi chez *Galleria*, les tubes de Malpighi remplacent les glandes séricigènes lorsque l'émission de soie n'est plus possible et ce rôle s'effectue

en deux temps : ils assurent d'abord à la larve un équilibre humoral compatible avec la mue nymphale et débarrassent ensuite la nymphe des protides excédentaires entreposés dans les glandes séricigènes. Une preuve supplémentaire du rôle joué par les tubes de Malpighi nous a été donnée par des expériences complémentaires réalisées par la technique des ligatures : une ligature tardive effectuée au niveau des tubes de Malpighi (abd. 5, Abd. 6) n'entrave pas l'apparition de la mue nymphale chez les témoins alors qu'elle entraîne la mort à l'état larvaire de tous les sujets à filière cautérisée.

Les glandes séricigènes et les tubes de Malpighi paraissent ainsi jouer des rôles complémentaires dans la régulation des facteurs protidiques du milieu humoral, régulation particulièrement importante et indispensable à l'approche de la nymphose.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur l'existence de deux catégories d'œufs dans la ponte globale du Phasme* (Clonopsis gallica *Charp.*). Note (*) de M. **André Voy**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

La ponte saisonnière de *Clonopsis gallica* Charp. hétérogène comporte 2 parties successives : 1°, une ponte estivale constituée d'œufs à développement court subissant une diapause prénatale et d'œufs à développement long soumis à deux diapauses, une première préblastodermique, une deuxième prénatale; 2°, une ponte automnale comportant uniquement des œufs de la deuxième catégorie.

Dans de précédentes recherches sur la biologie du *Clonopsis gallica* Charp. ([1]), j'avais déjà montré la grande variabilité du développement des œufs d'une même ponte et la nécessité de la rupture de la diapause pour qu'ils puissent éclore. L'étude systématique de la ponte globale de deux lots de femelles du même âge, issues d'une souche unique, au cours des années 1952 et 1953 m'a permis de préciser ces premiers résultats.

Ponte de 1952 (3 660 œufs provenant de 45 femelles). — Cette ponte a été divisée en trois lots de 1220 œufs comprenant chacun 231 œufs de juin, 560 de juillet, 264 d'août, 165 de septembre. Ces œufs, conservés dans une pièce à température variable (+ 32° C l'été à + 2° C l'hiver) depuis le jour de leur ponte jusqu'au début des expériences, ont subi du 5 au 18 janvier 1953 : le 1er lot, une température moyenne de — 7° C, le 2e, une température de + 2° C à + 18° C, le 3e, une température de + 23° C; ils ont été ramenés ensuite à la température de la pièce jusqu'à ce que les éclosions se produisent. Les œufs du 3e lot ont éclos au début de février, ceux du 2e au début de mars ceux du 1er au début d'avril. Les pour-cent d'éclosion

(*) Séance du 25 janvier 1954.

([1]) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1138.

ont été respectivement dans les trois lots, pour les œufs de juin (40 %, 36 %, 32 %), juillet (48 %, 48 %, 39 %), août (11 %, 2 %, 2 %), septembre (0 %, 0 %, 0 %); soit au total pour chacun des trois lots (31 %, 29 %, 24 %) provenant d'œufs à développement court (de 1re catégorie).

Le 3e lot a fourni une série supplémentaire faible d'éclosions automnales du 15 octobre au 30 novembre dont les pour-cent ont été respectivement pour les œufs de juin (9 %), juillet (6 %), août (18 %), septembre (5 %), soit 8 % du lot et au total pour les œufs de juin (41 %), juillet (47 %), août (18 %), septembre (5 %) et pour l'ensemble du lot (32 %). En définitive, les 3 660 œufs ont fourni 1159 éclosions (31 %) réparties sur la première année suivant la ponte.

De ces nombres on peut tirer les résultats suivants. Les variations thermiques vers le froid ou le chaud sont nécessaires au développement des œufs; ceux refroidis éclosent les derniers et en plus grand nombre; ceux réchauffés les premiers mais en plus petit nombre. Dans les trois lots, le pour-cent des éclosions printanières est maximum en juillet, faible en août, uniformément nul en septembre. Alors que les œufs refroidis ne donnent qu'une seule série d'éclosions printanières, les œufs réchauffés fournissent une 2e série automnale dont le maximum se situe en août (18 %). Il prouve que ces éclosions qui semblent tardives doivent être considérées, au contraire, comme des éclosions précoces d'œufs à développement long (de 2e catégorie). La chaleur a donc provoqué d'une part l'éclosion des œufs de la 1re catégorie, d'autre part la segmentation de ceux de la 2e catégorie, la séparation entre les deux catégories se trouve au début d'août.

Diapause. — Elle a été étudiée avec les pontes de 1953 et 1952 (reliquat).

Ponte de 1953 (4 072 œufs pondus par 50 femelles). — La ponte est maxima au cours de la 2e décade de juillet.

Le maximum des éclosions printanières correspond justement au maximum de la ponte; une relation entre les deux phénomènes paraît donc susceptible d'exister.

L'ouverture du chorion montre que les œufs de la 1re catégorie se développent aussitôt pondus et sans interruption pour donner un embryon complet au bout de quatre mois au maximum. Au 1er septembre 1953, cet embryon, entouré de son amnios, présente la tête appuyée contre l'opercule, le thorax contre le micropyle, l'abdomen recourbé sous le thorax et les appendices repliés entre ce dernier et l'abdomen. Dès maintenant, soumis à l'action du froid ou de la chaleur, il est susceptible d'éclore, sinon, il ne le fera qu'au printemps 1954. Il subit donc une diapause « prénatale » et la durée du développement embryonnaire « réel » est ainsi presque deux fois plus courte que celle du développement embryonnaire « apparent ». Ces œufs (de 1re catégorie) forment partiellement les lots quotidiens de ponte de la fin mai au début d'août. Ensuite, il n'y en a plus; la séparation entre

les deux catégories d'œufs se situe donc à ce moment-là. Les œufs à développement long (de 2e catégorie) formant le reste des pontes de mai, juin, juillet et la totalité de celles d'août, septembre et octobre, ne présentent au 1er décembre 1953 aucune trace de blastoderme; ils subissent donc une première diapause « préblastodermique ».

Ponte de 1952 (Reliquat : 69 %). — L'ouverture du chorion du reste des œufs de juin, juillet, et de la totalité de ceux d'août, septembre, montre que la plupart d'entre eux contiennent un embryon prêt d'éclore. Un certain nombre, traités par la chaleur, l'ont fait à l'automne dans un faible pourcentage. Ces œufs (de 2e catégorie) ont donc subi une 1re diapause « préblastodermique » et subissent en ce moment la 2e diapause « prénatale ». Ces 2 catégories d'œufs, dans les pontes de 1952 et 1953 se différencient très tôt; la 1re montre un chorion gris tacheté de blanc alors que la 2e présente au contraire un chorion brun foncé parsemé de taches noires.

En résumé. — L'éclosion des œufs du C. *gallica* ne se produit que si la diapause est rompue par les variations thermiques. Le froid allonge la durée apparente de la vie embryonnaire en donnant le pour-cent le plus élevé d'éclosions printanières, la chaleur le raccourcit au contraire en fournissant le pour-cent le plus faible, compensé par une 2e série moindre d'éclosions automnales. La ponte uniquement saisonnière, formée d'œufs capables de résister à des écarts de température de l'ordre de 40° C est hétérogène. Elle contient une portion estivale constituée d'environ 30 % d'œufs de la 1re catégorie (à diapause « prénatale » et 70 % d'œufs de la 2e catégorie (à diapauses « préblastodermique » et « prénatale »). La partie automnale contient seulement des œufs de la 2e catégorie. Une relation entre le rythme de la ponte et celui des éclosions printanières paraît susceptible d'exister.

BACTÉRIOLOGIE. — *Une espèce nouvelle de* Sporovibrio : Sp. ferroxydans (*n. sp*). Note de M. **Jacques Pochon** et Mlle **Huguette de Barjac**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Espèce nouvelle, autotrope, anaérobie stricte, réduisant les nitrates et oxydant le fer ferreux.

Au cours d'isolements de *Sporovibrio desulfuricans* à partir de la terre nous avons utilisé un milieu contenant à la fois de l'azote ammoniacal, de l'azote nitrique et un sel ferreux. Dans ces conditions l'association aux *Sporovibrio* de sulfatoréducteurs de bactéries réduisant les nitrates et oxydant le fer ferreux en hydrate ferrique, en anaérobiose, a été très fréquemment observée.

L'isolement de ces bactéries a été obtenu avec la technique générale

de séparation des anaérobies, à partir des cultures mixtes : milieu gélosé salin ammoniaco-nitrique, additionné de lactate de sodium (donateur d'hydrogène) et de sel ferreux, réparti en tubes profonds. A côté de colonies incolores, on en note de teinte allant du jaune au rouge brique; celles-ci sont prélevées et ensemencées sur milieu liquide (le même sans gélose).

Les souches pures obtenues présentent les caractères suivants :

Morphologie : Bâtonnets de 4 à 6 μ de long sur 1 μ de large, très fréquemment incurvés, mobiles, monotriches (cil le plus souvent polaire). Spores difficiles à mettre en évidence morphologiquement, rares, très petites. Les germes ne se colorent pas par la méthode de Gram.

Physiologie : Cultures thermorésistantes (résistent 20 mn à 75°; tuées en 10 mn à 90°). Anaérobies strictes.

La culture est nulle sur milieux usuels (bouillon...). Elle est possible sur milieux salins, l'azote étant fourni sous forme ammoniacale ou nitrique. NO_3 est réduit en NO_2 et, dans ce cas, en présence de fer ferreux, celui-ci est oxydé en hydrate ferrique. Divers donateurs d'hydrogène sont utilisables (lactate et pyruvate de sodium, glucose...). Les sulfates ne sont pas réduits. A noter que l'entretien des souches est difficile.

En raison de sa morphologie et de ses propriétés, nous proposons pour ce germe le nom de *Sporovibrio ferroxydans* (n. sp.) Un nouveau groupe est donc à créer dans le genre *Sporovibrio* où n'étaient connus que des réducteurs de sulfates.

De plus nous avons ainsi mis en évidence, dans le sol, une triple corrélation entre réduction de SO_4, de NO_3 et oxydation du fer en anaérobiose (celle-ci étant considérée comme l'apanage des ferrobactéries, et en aérobiose seulement).

D'autres germes du sol, aérobies facultatifs (en cours d'étude), associés aux *Sp. desulfuricans*, ont les même propriétés en anaérobiose.

Enfin des bactéries fréquentes dans le sol, comme *E. coli* et des anaérobies telluriques (telle *W. perfringens*, avec le galactose comme donateur d'hydrogène), réductrices de NO_3 en NO_2 sont également oxydantes du fer en anaérobiose. Le couplage de cette réduction et de l'oxydation du fer serait donc assez général.

A 15 h 50 m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 h 50 m.

L. B.

